ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 NOVEMBRE 1931.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS DE LAUNAY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **A. Lacroix** offre à l'Académie le Tome II de son Ouvrage : *Figures de savants*, comprenant des notices sur d'anciens membres de l'Académie : A. Grandidier, Alphonse Milne-Edwards, J.-B. Boussingault, A. Damour, A. de Lapparent, A. de Gramont, A. Michel-Lévy, F. Fouqué, et des discours prononcés à des cérémonies commémoratives de J. de Lalande, L. Pasteur, A. Vulpian, M. Berthelot.

Pour chacun de ces savants sont donnés un portrait et la reproduction d'un ou deux autographes.

PSYCHOLOGIE ANIMALE. — *Sur une influence de la Lune.* Note [1] de M. **G. Bigourdan**.

Dans la nuit du 28 au 29 juillet dernier, à $12^h 30 \pm 5^m$ (heure d'été), un coq chantait, quoique l'on fût loin de son heure habituelle. Il est à noter que le ciel était très beau et la Lune en opposition. Sans doute le coq avait déjà dormi et, se réveillant, jugea que le jour arrivait.

Je signale ce fait parce qu'il permet d'interpréter diverses influences lunaires [2].

---

[1] Séance du 3 août 1931.

[2] Je joins à cette Note un Mémoire en anglais (*The Night Crowing of Cock as a Theme for Scientific Research*) de M. Sinitsin, déjà publié en russe; ce savant y examine la question à tous les points de vue, notamment à celui du déterminisme.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre non résidant, en remplacement de M. *Eugène Cosserat* décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 61,

M. Lucien Cuénot	obtient	....	41 suffrages
M. Charles Camichel	»	....	11 »
M. Camille Sauvageau	»	....	6 »
M. Magnus de Sparre	»	....	3 »

M. **Lucien Cuénot**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le volume I des *Memoirs of the* San Diego *Society of Natural History : Catalogue of the Marine Pliocene and Pleistocene Mollusca of California and Adjacent Regions*, by U. S. Grant, IV and Hoyt Rodney Gale.

2° *Contribution à l'étude de la Faune de Madagascar.* Troisième partie, par G. Petit. (Présenté par M. L. Mangin.)

3° *Étude sur les lagunes de la côte occidentale du Maroc*, par A. Gruvel. (Présenté par M. L. Mangin.)

4° *L'élevage au Maroc*, par Th. Monod. (Présenté par M. L. Mangin.)

GÉOMÉTRIE. — *Rectification à une Communication précédente.* Note de M. A. Marchaud, présentée par M. Hadamard.

Depuis la publication de ma Note *Sur diverses extensions de la notion de continu d'ordre borné* (*Comptes rendus*, 193, 1931, p. 808), je me suis aperçu

que ma démonstration du fait que l'ensemble des points où un arc simple rectifiable n'a pas de tangente est de mesure absolument nulle, était incorrecte. Le fait est d'ailleurs inexact, même si l'arc satisfait aux hypothèses du théorème 5 de la Note en question. En effet, imitant un procédé utilisé par M. Denjoy [1], on peut construire une fonction continue à variation bornée $f(x)$, telle que toute droite de coefficient angulaire négatif coupe la courbe $y = f(x)$ en un nombre fini de points, cette courbe ne possédant pas de tangente aux points d'un ensemble parfait. Or un ensemble de mesure absolument nulle ne peut contenir de sous-ensemble parfait.

Il faut par suite, dans le théorème cité, supprimer la condition 1°, et la conséquence qu'on en déduit à la fin de l'énoncé (ainsi bien entendu que le cas particulier formulé au début de la section II). Pour la même raison, dans l'énoncé du n° 6, on devra remplacer «quasi partout» par «presque partout».

GÉOMÉTRIE. — *Conditions pour une surface flexible inextensible.* Note de M. **Alexandre Wundheiler**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous considérons le problème : Reconnaître si une famille à un paramètre d'espaces m-dimensionnels plongés dans un espace riemannien n-dimensionnel représente une suite de positions d'un espace flexible et inextensible (une suite d'espaces applicables)? La méthode employée est une généralisation du calcul tensoriel et permettra d'écrire les conditions cherchées sous une forme indépendante du mode de représentation de la famille.

Les équations de notre famille sont :

$$y_\alpha = f_\alpha(x_k, t) \qquad (\alpha = 1, \ldots, n;\ k = 1, \ldots, m). \tag{1}$$

Cette représentation établit de plus une correspondance entre les divers $V_m(t)$ de la famille (par des valeurs égales de x_k) n'ayant, en général, aucun rapport avec l'isométrie existant éventuellement entre tous les (1). Il s'agit ici d'une propriété indépendante de la représentation choisie, et subsistant aux transformations cinématiques

$$\overline{x}_i = x_i(x_k, t) \qquad (i = 1, \ldots, m). \tag{2}$$

---

(1) A. Denjoy, *Sur les nombres dérivés des fonctions continues*, n° 45, Exemple II (*Journal de Math.*, 7e série, 1, 1915, p. 167).

Nous appelons vecteur contrevariant fort un système de m fonctions u^i qui se transforment sous (2) d'après les formules bien connues

$$\bar{u}^i = \frac{\partial \bar{x}_i}{\partial x_k} u^k, \tag{3}$$

comme si les (2) ne dépendaient pas de t. On définit par analogie les tenseurs forts co- et contravariants.

La suite $V_m(t)$ engendre un espace riemannien $(m+1)$-dimensionnel V_{m+1}, dont la forme métrique pourra être écrite

$$ds^2 = a_{ik}\, dx_i\, dx_k + 2 h_i\, dx_i\, dt + k\, dt^2. \tag{4}$$

(x_i, t) forment un système de coordonnées dans V_{m+1}, (2) est un changement de ces coordonnées, n'altérant pas les espaces $t = \text{const.}$ La métrique dans V_{m+1}, pour une valeur déterminée de t, sera donnée par $ds^2 = a_{ik}\, dx_i dx_k$. Nous désignerons par ∇ la dérivée covariante, correspondant à la forme $a_{ik}\, dx_i\, dx_k$ (toujours pour t déterminé).

Théorème fondamental. — *Le système*

$$W_{ik} = \frac{\partial a_{ik}}{\partial t} - \nabla_k h_i - \nabla_i h_k \tag{5}$$

est un tenseur fort.

On vérifie ce théorème par un calcul direct.

Théorème. — *La condition nécessaire et suffisante pour que les espaces de la suite* (1) *soient tous isométriques est l'existence d'un système e_i satisfaisant à l'équation*

$$\nabla_k e_i + \nabla_i e_k = W_{ik}. \tag{6}$$

Démonstration. — S'il existe une isométrie entre les $V_m(t)$, on peut prendre comme lignes de t les courbes passant par les points correspondants dans cette isométrie. Ceci revient à une transformation « cinématique » de cordonnées (2). Dans un tel système de coordonnées, on aura $\frac{\partial a_{ik}}{\partial t} = 0$ et alors

$$-\nabla_k h_i - \nabla_i h_k = W_{ik}. \tag{7}$$

Désignons maintenant par e_i le vecteur fort, dont les composantes dans le système décrit tout à l'heure sont $-h_i$. Il vérifiera la relation invariante (6). — Inversement, si les (6) ont une solution e_i, on peut choisir le système de coordonnées dans V_{m+1} de façon à obtenir $-h_i = e_i$, ce qui est évidemment possible. On aura alors $\frac{\partial a_{ik}}{\partial t} = 0$.

On voit, comme application, qu'on a toujours isométrie, si $W_{ik}=0$. La solution de (6) est $e_i=0$, et l'on établira l'isométrie par $h_i=0$, ce qui signifie que les lignes de t sont orthogonales aux espaces $V_m(t)$. Nous appellerons cette isométrie « orthogonale » et l'on peut énoncer le théorème suivant :

La condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe une isométrie orthogonale entre les espaces $V_m(t)$ est $W_{ik}=0$.

Observons que c'est une condition tout à fait explicite qui n'exige que des différentiations.

Isométries infinitésimales. — Pour que l'espace $V_m(0)$ soit isométrique aux espaces infiniment voisins de la suite (1), il faut et il suffit que (6) ait lieu au moins pour $t=0$. Supposons cette condition remplie. Les espaces de la suite (1) étant déterminés on n'a d'autre arbitraire pour l'établissement de l'isométrie que le choix de l'angle formé dans V_{m+1} par les lignes de t avec $V_m(0)$, ce qui revient à un choix convenable de h_i. On aura alors autant d'isométries que de valeurs possibles de h_i. Soient h'_i et h''_i deux de ces valeurs. On peut évidemment supposer que le changement de coordonnées conduisant de h'_i et h''_i n'altère pas les coordonnées sur $V_m(0)$, c'est-à-dire qu'il se réduit à une identité pour $t=0$. Par conséquence e_i aura les mêmes coordonnées dans les deux systèmes, dans lesquels (6) devient respectivement (pour $t=0$)

$$-\nabla_k h'_i-\nabla_i h''_k=-\nabla_k h''_i-\nabla_i h''_k=\nabla_k e_i+\nabla_i e_k,$$

d'où

$$\nabla_k(h'_i-h''_i)+\nabla_i(h'_k-h''_k)=0,$$

ce qui est l'équation de Killing bien connue, condition pour que $h'_i-h''_i$ représente un mouvement rigide dans $V_m(0)$. Nous avons obtenu le théorème :

On obtient toutes les isométries infinitésimales entre un espace et une suite d'espaces infiniment voisins en superposant une seule d'entre elles avec tous les mouvements rigides de cet espace.

On voit le lien étroit des transformations infinitésimales avec les mouvements rigides d'un espace en soi-même. D'ailleurs (6) est une sorte de généralisation de l'équation de Killing.

Observons encore que, s'il existe une isométrie infinitésimale orthogonale, on la déterminera au moyen d'une équation aux différentielles totales à une seule inconnue, si $n=m+1$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Une nouvelle extension d'un théorème de M. Émile Picard.* Note [1] de M. **Georges Bouligand.**

1. Le théorème de M. Émile Picard dont nous allons nous occuper est le suivant :

Soit $V(x, y, z)$ une fonction harmonique régulière dans un domaine comprenant l'origine O, exception faite de ce dernier point, où elle est égale à $+\infty$. On a

$$V = \frac{k}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}} + U(x, y, z) \quad (k>0), \tag{1}$$

$U(x, y, z)$ étant harmonique et régulière à l'origine [2].

En étudiant diverses généralisations de ce théorème [3], j'avais conservé l'hypothèse d'après laquelle la fonction harmonique étudiée *restait positive aux environs du point singulier* (lequel pouvait se trouver sur la frontière du domaine d'harmonicité) : cette hypothèse offre en effet l'avantage d'une interprétation immédiate, au moyen de la notion de *source calorifique*, aquelle introduite par M. Émile Picard s'affirme chaque jour plus féconde [4].

Je me propose ici d'attirer l'attention sur un autre genre d'hypothèse conduisant à la même conclusion et dont l'intérêt provient de son intervention assez fréquente dans des problèmes concernant l'équation de Laplace ou les équations voisines. Ce genre d'hypothèse m'a été suggéré par la forme de la condition nécessaire et suffisante pour qu'une fonction, harmonique dans un cercle, y soit représentable par l'intégrale de Poisson-Stieltjes [5] : j'ai commencé par observer qu'une simple transposition des

---

(1) Séance du 23 novembre 1931.

(2) *Bull. de la Soc. math. de France*, 52, 1924, p. 164-165.

(3) Voir principalement mon Mémoire : *Sur l'application d'équations intégro-différentielles à l'étude des singularités de certains champs scalaires* (*Ann. Ec. Norm. sup.*, 3e série, 48, 1931, p. 95 et suiv.).

(4) Voir Picard, *Leçons sur quelques problèmes aux limites de la théorie des équations différentielles* (fasc. V de la Collection Julia), Chap. X, et Brelot, *Étude de l'équation de la chaleur au voisinage d'un point singulier* (*Thèse*, Paris, 1931).

(5) G. C. Evans, *The logarithmical potential* (*Publications de la Soc. amér. de Math.*, New-York, 1927, p. 46).

raisonnements qui avaient fourni à M. G.-C. Evans cet important résultat me permettait d'établir ce théorème :

Toute fonction entière $u(x, y)$, solution de l'équation $\Delta u = u$, telle que le rapport à son intégrale le long d'une circonférence de centre fixe et de rayon arbitrairement grand de l'intégrale de sa valeur absolue demeure borné, peut se mettre sous la forme

$$u(x, y) = \int_0^{2\pi} e^{x\cos t + y\sin t}\, d f(t),$$

où $f(t)$ est une fonction à variation bornée [Bouligand, *Sur les solutions régulières dans tout le plan de* $\Delta u = u$ (*Bull. Ac. polon. des Sciences et des Lettres*, série A, 1931, p. 281-287)] : le cas $u > 0$ se résout en faisant f croissante.

2. C'est de cet énoncé que je suis passé à l'extension annoncée. Considérons par exemple, dans l'espace à trois dimensions, une fonction harmonique U, régulière dans un certain domaine contenant l'origine O, exception faite de ce dernier point. Supposons que *le rapport à sa moyenne, de la moyenne de sa valeur absolue*, ces moyennes étant prises sur la surface d'une sphère arbitrairement petite de centre O *demeure borné*. Je dis que *la fonction* U *est encore de la forme* (1). En effet, le dénominateur est de la forme $a + \frac{b}{r}$. Donc l'intégrale de $|U|$ admet une limitation d'où l'on déduit immédiatement, dans le développement en série de fonctions sphériques, la disparition des termes singuliers dont chacun correspondait à un pôle dépassant le premier ordre : car les coefficients de ce développement sont eux-mêmes des intégrales d'une fonction UY_ν. Le raisonnement dont je viens d'indiquer le principe est entièrement parallèle à celui du n° 11, page 110, de celui de mon Mémoire A déjà cité des *Annales de l'École Normale*.

Le résultat de la section II de A (n° 20, pages 121-122) se prolonge de même par le théorème suivant : *si le rapport, à la moyenne de* $\varphi_u(p)$ (prise sur toute l'étendue, superficielle ou hypersuperficielle, du continuum R) *de la moyenne de* $|\varphi_u(p)|$, *demeure borné* (pour u arbitrairement grand), *la singularité offerte par* $\varphi_u(p)$ *pour* $u = +\infty$ *est un pôle du premier ordre* au sens de la définition très générale que j'ai donnée de cette notion (p. 117).

Aux applications du théorème du n° 20 de A, données dans les sections III, IV, V, correspondent des applications de même nature du théo-

rème ci-dessus, qu'il serait superflu d'énumérer [1]. Notons seulement en terminant que ces considérations confirment l'opportunité d'introduire, en pareille matière, des moyennes, dans un sens s'apparentant à celui que M. Marcel Brelot a suivi, dans sa Thèse, au Chapitre II, p. 48.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Généralisation d'un théorème sur les fonctions holomorphes dans un demi-plan.* Note [2] de M. **Mandelbrojt**, présentée par M. Jacques Hadamard.

La méthode employée dans notre récent Mémoire [3] démontre le théorème suivant :

A. *Soient* $F(z)$, $\theta(z)$, $(z = x + iy)$ *deux fonctions holomorphes dans le demi-plan* $x \geqq 0$ *et telles que*

1° $$\overline{\lim_{x=\infty}} \frac{\log|F(x)|}{x} = d > 0 \qquad (d < +\infty);$$

2° $$\lim_{x=\infty} \frac{\log|\theta(x)|}{x} = l < d,$$

$$|\theta(z)| > r > 0, \qquad x \geqq 0;$$

3° $$\left|\frac{F^{(n)}(iy)}{\theta(i\tau y)}\right| < m_n \qquad (1 \leqq \tau < +\infty, \infty < y < +x),$$

alors

(1) $$\underline{\lim} \sqrt[n]{m_n} > 0.$$

Dans le Mémoire cité, figure, à la place de l'inégalité 3°, l'inégalité

(2) $$|F^{(n)}(iy)| < m_n \quad [4].$$

Mais la démonstration reste la même en partant de 3°, l'inégalité (16) du

---

(1) Si, au lieu de supposer le rapport borné, on lui imposait une limitation convenable (proportionnelle à une puissance négative de r dans l'exemple d'une singularité ponctuelle isolée d'une fonction harmonique), on obtiendrait une forme de condition assurant un pôle.

(2) Séance du 23 novembre 1931.

(3) Voir *Bulletin des Sciences mathématiques*, 55, 1931, p. 303.

(4) Voir le théorème III du Mémoire cité.

Mémoire étant remplacée par

$$(3)\qquad |\varphi^{(n)}(t)| < e^{\frac{(h-a)}{2}} \int_{-\infty}^{\infty} \left| \frac{d^n F\left[t\left(z-\frac{1}{2}\right)\right]}{d\left[t\left(z-\frac{1}{2}\right)\right]^n} \right| \left| \frac{z-\frac{1}{2}}{z} \right|^n \frac{|z^n \Phi(z)|}{\left|z^2\theta\left(z-\frac{1}{2}\right)\right|} dy$$

$$\left(0 \leqq t \leqq 1; \quad z = \frac{1}{2} + iy\right),$$

de sorte que, pour $0 \leqq \ \leqq 1$, on a

$$(4)\qquad |\varphi^{(n)}(t)| < L m_n \Delta_n \quad (^1).$$

2. Remarquons que *si* 1° *a lieu et si*

$$(5)\qquad |F(z)| < M e^{kx},$$

on a, en posant

$$(6)\qquad |F^{(n)}(x_n + iy)| < m_n(x_n) \qquad (-\infty < y < +\infty;\ x_n \geqq x_{n-1} \geqq 0),$$

l'inégalité suivante :

$$(7)\qquad \underline{\lim} \sqrt[n]{m_n(x_n)} > 0.$$

On démontre encore ce fait de la même manière que le théorème III du Mémoire, où l'on pose $\theta(z) = M$. Il n'y a qu'à remarquer que du fait que $F^{(n)}(z)$ est bornée dans chaque bande $0 < a \leqq x \leqq b$ [ce qui résulte de (5) d'après le théorème de Cauchy], résulte que la formule (12) du Mémoire cité peut être remplacée par la suivante :

$$(8)\qquad \varphi^{(n)}(t) = \frac{1}{M} \int_{\frac{1}{2}+\frac{x_n}{t}-i\infty}^{\frac{1}{2}+\frac{x_n}{t}+i\infty} e^{(h-a)z} \frac{d^n F\left[t\left(z-\frac{1}{2}\right)\right]}{d\left[t\left(z-\frac{1}{2}\right)\right]^n} \left(z-\frac{1}{2}\right)^n \frac{\Phi(z)}{z^2} dz.$$

L'inégalité (16) du Mémoire devient l'inégalité (3) de cette Note où $0 \leqq t \leqq 1$; $z = \frac{1}{2} + \frac{x_n}{t} + iy$ et où $\theta(z) = M$.

(1) résulte de (2) si $F(z) \neq 0$, d'après un théorème démontré par M. Izumi [2], généralisant celui de M. Landau [3]. Il n'en est pas de

---

[1] La notation est la même dans le Mémoire cité.

[2] *The Tôhoku Mathematical Journal*, **33**, 1930, p. 127.

[3] *Mathematische Annalen*, **102**, 1929, p. 177.

même pour le théorème énoncé au début de cette Note ni pour les autres théorèmes établis dans cette Note; d'ailleurs les conditions 3° et (6) sont beaucoup moins restrictives que la condition (2).

En employant les notations du Mémoire cité on voit que (8) donne pour $0 \leq t \leq 1$

$$(9)\quad |\varphi^{(n)}(t)| < \frac{m_n(x_n)\Delta_n}{M}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{dy}{\left(\frac{1}{2}+\frac{x_n}{t}\right)^2+y^2} = \frac{\pi m_n(x_n)\Delta_n}{\left(\frac{1}{2}+\frac{x_n}{t}\right)M} \leq \frac{\pi m_n(x_n)\Delta_n}{\left(\frac{1}{2}+x_n\right)M} = \Gamma'_n.$$

Mais si

$$(10)\qquad \varliminf \sqrt[n]{\frac{m_n(x_n)}{\frac{1}{2}+x_n}} = 0,$$

on peut choisir les Δ_n tels que

$$(11)\qquad |\Phi(z)| < \frac{\Delta_n}{|z|^n} \qquad (n = 0, 1, \ldots),$$

sans que $\Phi(z)$ soit identiquement nulle et tels que la série

$$\sum \frac{1}{\delta_n^*} \qquad (\delta_n^* = \min \sqrt[n+k]{\Delta_{n+k}},\ k = 0, 1, \ldots)$$

converge tandis que la série

$$\sum \frac{1}{\gamma_n'^*} \qquad (\gamma_n'^* = \min \sqrt[n+k]{\Delta'_{n+k}},\ k = 0, 1, \ldots)$$

diverge. Il résulte donc du raisonnement employé dans le Mémoire cité que *si* 1°, (5) *et* (6) *ont lieu, alors*

$$(12)\qquad \varliminf \sqrt[n]{\frac{m_n(x_n)}{\frac{1}{2}+x_n}} > 0.$$

Si (5) et (6) ont lieu sans que 1° ait lieu, (7) [et à plus forte raison (12)] n'a plus lieu en général : pour $F(z) = \frac{1}{1+z}$, on a

$$\sqrt[n]{m_n(n!)} < \frac{1}{n!}.$$

De même le théorème (A) n'est pas vrai sans la condition 1°; exemple :

$$F(z) = a_0 + a_1 z + \ldots + a_n z^n,$$
$$\theta(z) = (1+z)^n.$$

THÉORIE DES GROUPES. — *Généralisation du théorème de Frobenius.* Note de M. **W. K. Turkin**, présentée par M. J. Hadamard.

Rappelons le théorème bien connu de Frobenius : « Si n est un diviseur de l'ordre d'un groupe donné, le nombre des éléments de ce groupe dont l'ordre est un diviseur de n est toujours un multiple de n. »

M. L. Weisner (¹) a démontré un théorème intéressant servant en quelque sorte de complément au théorème de Frobenius :

« Dans un groupe d'ordre g, le nombre des éléments, s'il en existe, dont l'ordre est un multiple de m, est toujours divisible par le plus grand diviseur de g qui n'a pas de facteur commun avec m. »

M. A. Koulakoff a émis la supposition que les deux théorèmes mentionnés ci-dessus se laissent généraliser en un seul :

« Soient n et m deux diviseurs de l'ordre d'un groupe donné et de plus n multiple de m. Le nombre des éléments de ce groupe, s'il en existe, dont l'ordre est un diviseur de n et un multiple de m est toujours un multiple du plus grand diviseur de n qui n'a pas de facteur commun avec m. »

Les théorèmes de Frobenius et de L. Weisner ne sont évidemment que des cas particuliers du théorème énoncé. Pour obtenir le premier de ces théorèmes, il faut poser $m=1$; pour obtenir le second, il faut prendre n égal à l'ordre du groupe en question.

Essayons de démontrer ce théorème. Posons

$$m=p^{\alpha}q^{\beta}\ldots r^{\lambda}s^{\delta} \qquad \text{et} \qquad n=p^{\alpha+i}q^{\beta+j}\ldots r^{\lambda+k}s^{\delta+l}\mathrm{A},$$

où $p, q, \ldots, r, s$ sont des nombres premiers et A n'a pas de facteur commun avec m. En particulier, A peut être égal à 1; dans ce dernier cas, le théorème est évident.

D'après le théorème de Frobenius, le nombre des éléments du groupe dont l'ordre est un diviseur de n est divisible par n et, par conséquent, divisible par A. Soit μn ce nombre. De ce nombre il faut soustraire le nombre des éléments du groupe donné dont l'ordre est un diviseur de n sans être un multiple de m, c'est-à-dire est un diviseur de l'un des nombres suivants :

$$(1) \qquad \frac{n}{p^{i+1}}, \quad \frac{n}{q^{j+1}}, \quad \ldots, \quad \frac{n}{r^{k+1}}, \quad \frac{n}{s^{l+1}}, \quad \ldots.$$

(¹) *Bulletin of the American Mathematical Society*, 31, 1925, p. 492-496.

Le nombre de ces éléments est donné par l'expression

$$\nu_1 \frac{n}{p^{i+1}} + \nu_2 \frac{n}{q^{j+1}} + \ldots + \nu_{t-1} \frac{n}{r^{k+1}} + \nu_t \frac{n}{s^{l+1}}.$$

Toutefois il faut remarquer que les éléments dont l'ordre divise plus d'un des nombres (1) entrent plusieurs fois dans cette expression; ces éléments sont des diviseurs de l'un des nombres suivants :

$$(2) \qquad \frac{n}{p^{i+1} q^{j+1}}, \quad \ldots, \quad \frac{n}{p^{i+1} r^{k+1}}, \quad \frac{n}{p^{i+1} s^{l+1}}, \quad \ldots, \quad \frac{n}{r^{k+1} s^{l+1}}, \quad \ldots.$$

Le nombre de ces éléments est donné par l'expression suivante :

$$\rho_1 \frac{n}{p^{i+1} q^{j+1}} + \ldots + \rho_{t-1} \frac{n}{p^{i+1} s^{l+1}} + \ldots + \rho_{\frac{t(t-1)}{2}} \frac{n}{r^{k+1} s^{l+1}}.$$

Mais ici aussi quelques-uns des éléments se répètent; ce sont ceux dont l'ordre divise plus d'un des nombres (2). En conséquence, ici aussi nous devrons apporter la correction nécessaire.

En continuant ce raisonnement, nous arriverons à la fin à des éléments dont l'ordre est un sous-multiple du nombre

$$\frac{n}{p^{i+1} q^{j+1} \ldots r^{k+1} s^{l+1}}.$$

Le nombre de ces éléments est donné par l'expression

$$\sigma \frac{n}{p^{i+1} q^{j+1} \ldots r^{k+1} s^{l+1}}.$$

Le nombre des éléments de notre groupe, dont l'ordre est un diviseur de n et un multiple de m, est égal à

$$(3) \qquad \left\{ \begin{aligned} & \rho n - \left(\nu_1 \frac{n}{p^{i+1}} + \nu^2 \frac{n}{q^{j+1}} + \ldots + \nu_{t-1} \frac{n}{r^{k+1}} + \nu_t \frac{n}{s^{k+1}} \right) \\ & + \left(\rho_1 \frac{n}{p^{i+1} q^{i+1}} + \ldots + \rho_{\frac{t(t-1)}{2}} \frac{n}{r^{k+1} s^{l+1}} \right) - \ldots \pm \sigma \frac{n}{p^{i+1} q^{j+1} \ldots r^{k+1} s^{l+1}}. \end{aligned} \right.$$

Il est facile de voir que chaque élément de notre groupe dont l'ordre est un diviseur de n, mais ne divise aucun des nombres (1) (c'est-à-dire est un multiple de m), figure une seule fois dans l'expression (3). Au contraire, un élément dont l'ordre divise h nombres quelconques parmi les nombres (1) se répète, dans l'expression (3), le nombre de fois suivant :

$$1 - h + \frac{h(h-1)}{h} - \ldots \pm 1 = (1-1)^h = 0.$$

Comme chacun des nombres de l'expression (3) est un multiple de A, l'expression (3), quand elle n'est pas nulle, est aussi un multiple de A.

C. Q. F. D.

Dans notre raisonnement nous ne nous sommes servi que du théorème de Frobenius, mais non du théorème de L. Weisner. De cette façon nous voyons que le théorème de L. Weisner se laisse facilement déduire du théorème de Frobenius.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur la détermination des caractéristiques d'allongement visqueux des métaux à chaud.* Note (¹) de MM. **Georges Ranque** et **Pierre Henry**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Trois méthodes de détermination par traction des phénomènes visqueux des métaux aux hautes températures ont été employées, liant les quatre variables *charge*, *allongement*, *temps*, *température* :

1° *A température constante : mesure en fonction du temps d'une charge dont la décroissance est fonction des allongements spontanés.*

2° *A température constante : mesure en fonction du temps d'un allongement spontané à charge constante.*

Cette méthode, actuellement presque seule employée, est très longue et a conduit à des conclusions très discordantes.

3° *A charge constante : mesure en fonction du temps de la température assurant la permanence de la longueur.*

Cette méthode, imaginée par M. Kohn [2], utilise les dilatations réversibles de l'éprouvette pour régler la température du four au moyen d'un servo-moteur : tant que la charge supportée ne produit aucun écoulement la température du four est maintenue constante; si la charge produit un écoulement visqueux irréversible, l'allongement fait baisser la température du four jusqu'à ce que l'écoulement cesse; alors la température devenue constante marque la limite de viscosité sous la charge considérée.

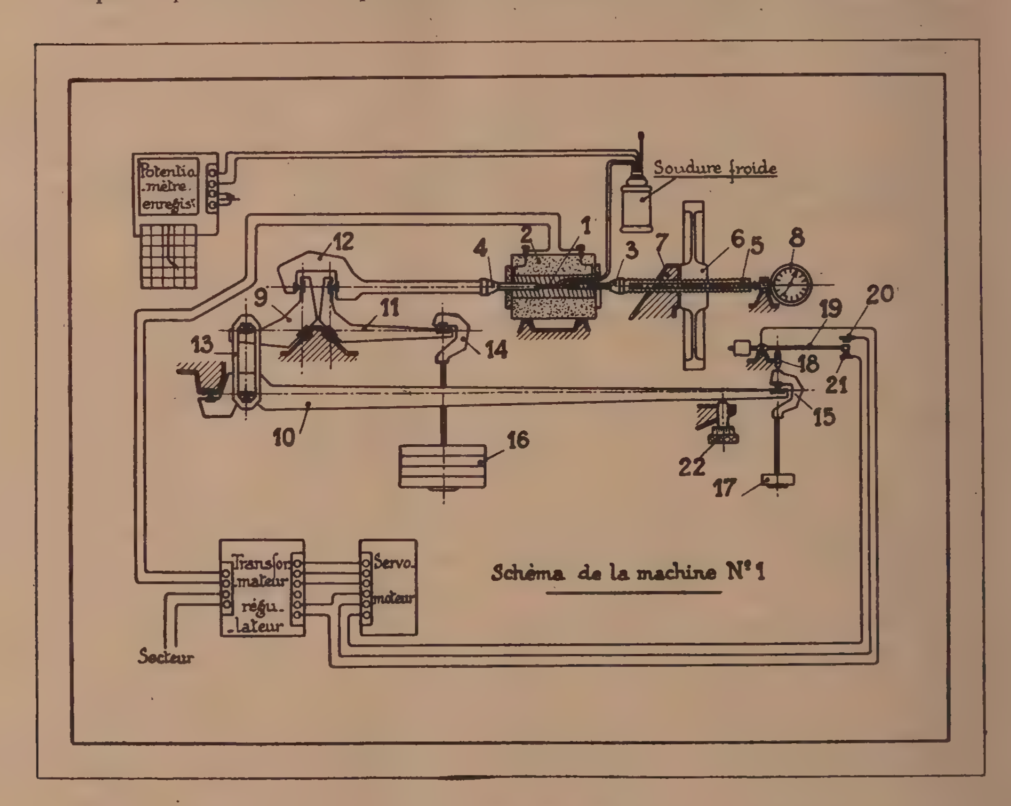
Nous avons construit une machine fonctionnant suivant la méthode de M. Kohn, mais en modifiant son appareil qui comportait une cause d'erreur tendant à donner des températures limites de viscosité variables avec la température initiale à laquelle on avait commencé l'essai.

---

[1] Séance du 23 novembre 1931.

[2] M. Kohn, Communication faite en 1930, au Jubilé du Dr Heraeus, à Hanau.

Dans le schéma ci-dessous, le bâti n'a été figuré que par des hachures aux points de liaison avec le mécanisme; l'éprouvette 1, chauffée par le four 2 est soumise à la charge 17 amplifiée 100 fois par les leviers 9 et 10; à vide l'équilibre est obtenu par la charge 16 et le levier 11. La vis micrométrique 6 permet de compenser les variations de longueur du barreau 1



(1 tour = 0^{mm},02) et de régler la température par l'intermédiaire du contacteur 19 qui amplifie 5000 fois ces variations et commande en 20 et 21 le servo-moteur changeant la tension du courant de chauffage. La butée micrométrique 22 supprime la charge dès que le barreau s'allonge au delà d'une certaine limite.

La conduite d'une expérience consiste essentiellement à amener le four à température, la machine montée; une fois l'équilibre atteint, à charger l'éprouvette à une valeur un peu supérieure à sa limite de viscosité à cette température (obtenue grossièrement par tâtonnements) à compenser avec

la vis 6 l'allongement élastique instantané, à attendre la fixité de la température, à charger avec un nouveau poids et ainsi de suite.

Voici des résultats d'expériences faites sur du fer Armco :

Températures θ.	Temps t.											
	0.	6 m.	30 m.	1 h.	2 h.	4 h.	6 h. 30.	10 h.	18 h.	32 h.	56 h.	100 h.
Observées......	560	557	554	551	549	547	542	538	530	524	518	510
Calculées.......	557	556	555	553	550	546	542	538	532	525	518	510
Différences	−3	−1	+1	+2	+1	+1	0	0	+2	+1	0	0

Les première et deuxième lignes du tableau représentent les temps et températures observées à partir de la mise en charge, ces résultats peuvent être représentés par une formule linéaire qui relie les températures décroissantes sous charge constante au logarithme du temps compté à partir d'une origine convenable.

Ici on a

$$\theta = 575 - 32,5 \log(t + 3,45).$$

La troisième ligne du tableau donne les températures calculées par cette formule, la quatrième les différences entre les valeurs observées et calculées.

On peut de ces mêmes mesures déduire la vitesse de fluage du métal aux diverses températures et l'on constate que les logarithmes des vitesses de fluage sous charge constante sont liés linéairement aux températures.

Si l'on extrapole ces formules, établies d'après les mesures poursuivies pendant 100 heures seulement, on trouve qu'au bout de 10000 heures (14 mois) l'allongement total est, sous 6 kg./mm², 158 pour 100 à 550°; 0,65 pour 100 à 475°; 0,003 pour 100 à 400°.

Mais de nouvelles expériences d'une durée plus longue sont nécessaires pour justifier la légitimité d'une semblable extrapolation.

On peut déterminer également, *une limite pratique de viscosité* définie par exemple par un écoulement inférieur à 0,005 pour 100 par heure : on peut obtenir la courbe températures-charges représentant cette limite jusqu'à 700°C. définie par 8 points en 3 jours avec deux éprouvettes.

ASTRONOMIE. — *A propos des systèmes binaires.*

Note de M. **Émile Sevin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous nous proposons de montrer que les modifications des trajectoires des systèmes binaires, résultant de l'anéantissement progressif de la matière de l'astre principal, sont différentes suivant que cet anéantissement doit être

considéré comme un phénomène continu, rigoureusement proportionnel au temps, ou au contraire comme un phénomène non uniforme. Pour simplifier notre exposé, nous admettrons que la masse m' du compagnon est très petite, par rapport à la masse m de l'astre principal, et nous nous placerons tout d'abord dans le premier cas.

Au bout du temps t, la force attractive a pour expression

$$-\frac{fmm'}{r^2}(1-kt)=-\frac{fmm'}{r^2}\left(1-\frac{k}{C}\int_0^\theta r^2\,d\theta\right),$$

f, k et C étant des constantes, r la distance des deux étoiles et θ l'anomalie vraie. Le mouvement est donc un mouvement képlérien troublé par une force perturbatrice centrale

$$F_c=\frac{fmm'}{r^2}\,\frac{k}{C}\int_0^\theta r^2\,d\theta,$$

et, en désignant par u l'inverse du rayon vecteur, l'équation différentielle de la trajectoire s'écrit :

$$u+\frac{d^2u}{d\theta^2}=\frac{fm}{C^2}\left(1-\frac{k}{C}\int_0^\theta r^2\,d\theta\right).$$

Pour calculer l'intégrale qui entre dans cette équation, développons r^2 en série de Fourier. Les termes en $\sin n\theta$ sont nuls; dans ces conditions, en désignant par e l'excentricité et en n'écrivant pas explicitement les termes en $\cos 2\theta$, $\cos 3\theta$, ..., qui ne peuvent pas produire d'effet de résonance, il vient :

$$\begin{aligned} r^2 &= \frac{C^4}{f^2m^2}(1+e\cos\theta)^{-2} \\ &= \frac{C^4}{f^2m^2}\left[\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}(1+e\cos\theta)^{-2}\,d\theta+\frac{\cos\theta}{\pi}\int_0^{2\pi}\cos\theta(1+e\cos\theta)^{-2}\,d\theta+\ldots\right] \\ &= \frac{C^4}{f^2m^2}\left[\frac{1}{(1-e^2)^{\frac{3}{2}}}-\frac{2e}{(1-e^2)^{\frac{3}{2}}}\cos\theta+\ldots\right]=\frac{C^4}{f^2m^2}(A-B\cos\theta+\ldots), \end{aligned}$$

avec

$$A=\frac{1}{(1-e^2)^{\frac{3}{2}}},\qquad B=\frac{2e}{(1-e^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

Dès lors l'équation différentielle de la trajectoire se met sous la forme :

$$u+\frac{d^2u}{d\theta^2}=\frac{fm}{C^2}\left[1-\frac{kC^3}{f^2m^2}(A\theta-B\sin\theta+\ldots)\right],$$

d'où, en intégrant et en ne conservant que les termes progressifs,

$$u = \frac{fm}{C^2}\left[1 + e\cos\theta - \frac{AkC^3}{f^2m^2}\theta - \frac{1}{2}\frac{BkC^3}{f^2m^2}\theta\cos\theta\right].$$

C'est l'équation d'une spirale dont le rayon vecteur augmente en même temps que θ. On peut écrire :

$$u = \frac{fm}{C^2}\left(1 - \frac{AkC^3}{f^2m^2}\theta\right)\left(1 + \frac{e - \frac{1}{2}\frac{BkC^3}{f^2m^2}\theta}{1 - \frac{AkC^3}{f^2m^2}\theta}\cos\theta\right),$$

et comme $B = 2eA$, il vient finalement :

$$u = \frac{fm}{C^2}\left(1 - \frac{AkC^3}{f^2m^2}\theta\right)(1 + e\cos\theta).$$

Il en résulte que la spirale se confond avec une ellipse, d'excentricité constante, dont le grand axe augmente progressivement tout en conservant une direction invariable.

Écrivons l'expression de la force perturbatrice

$$F_c = \frac{fmm'}{r^2}\frac{kC^3}{f^2m^2}(A\theta - B\sin\theta + \ldots).$$

Cette force comporte donc deux termes qui modifient la forme de la trajectoire : le premier croît constamment et provoque l'augmentation du grand axe et de l'excentricité ; le second, quoique restant très petit et étant de grandeur périodique, détruit exactement, par résonance, l'effet du premier sur l'excentricité.

Cela nous conduit à conclure que, si l'anéantissement de la matière n'est pas un phénomène uniforme ([1]), il n'est pas possible de conserver les résultats ci-dessus. L'effet sur la trajectoire devient statistique, et, tant que le phénomène demeure en moyenne uniforme, la force perturbatrice est proportionnelle à θ. Des calculs analogues aux précédents donnent alors, pour l'équation de la trajectoire :

$$u = \frac{fm}{C^2}(1 - \lambda\theta)\left(1 + \frac{e}{1 - \lambda\theta}\cos\theta\right),$$

([1]) Nous estimons que la constance du rayonnement d'une étoile n'entraîne en aucune façon l'uniformité de l'anéantissement de sa matière.

où λ est une constante. Cette fois on constate simultanément une augmentation progressive du grand axe a et de l'excentricité e :

$$\frac{\Delta e}{e} = \lambda\theta, \qquad \frac{\Delta a}{a} = \lambda\theta\frac{1+e^2}{1-e^2},$$

et, la force perturbatrice étant centrale, la variation relative du moyen mouvement m vaut deux fois celle du grand axe changée de signe. On arrive ainsi à la relation

$$\frac{\Delta m}{m} = -2\frac{\Delta a}{a} = -2\frac{\Delta e}{e}\frac{1+e^2}{1-e^2}.$$

ÉLECTRICITÉ. — *Application de la méthode de la déviation et de la méthode de zéro à la mesure électromagnétique des petites déformations.* Note de M. **A. Guillet**, présentée par M. A. Cotton.

En essayant de mettre au point la mesure expéditive et précise des petites déformations linéaires ou angulaires de nature élastique, thermique ou autre au moyen de l'induction électromagnétique, j'ai été conduit à certains modes opératoires qu'il me semble utile d'indiquer.

Dans cette méthode de mesure le déplacement à estimer est transmis, avec ou sans amplification préalable, à l'un des circuits d'un transformateur que je supposerai sans fer et construit de façon à subir des variations d'inductance mutuelle proportionnelles aux déplacements du circuit mobile (¹). En définitive, tout revient à mesurer une variation d'inductance mutuelle et par suite une variation correspondante de charge induite, ce qui nécessite l'excitation par courant variable du circuit fixe du transformateur.

Pour des raisons évidentes, l'emploi du courant alternatif semble s'imposer et il convient alors de recevoir les charges induites dans un galvanomètre, associé à un redresseur ou à un trieur, en raison de sa sensibilité qui peut être rendue plus grande que celle des électrodynamomètres dont on dispose aujourd'hui, quels qu'ils soient.

Il est particulièrement simple de faire emploi d'un détecteur à galène; on sait (²) qu'alors le courant détecté i est d'abord proportionnel au carré M^2 de l'inductance du transformateur, puis, à partir d'une certaine

(¹) *Comptes rendus*, **146**, 1908, p. 465.
(²) *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 1071.

valeur M_0 de M, on peut considérer pratiquement l'arc de parabole $i = JM^2$ comme raccordé à une droite passant par le point (i_0, M_0) et de coefficient angulaire $2JM_0$, caractéristique de l'état du contact.

Pour effectuer une série de mesures, il faut partir d'un état initial i_1, M_1 relatif à un point de la droite assez éloigné du contact pour que les variations d'inductance à partir de l'état correspondant à ce point soient, dans un sens ou dans l'autre, proportionnelles aux indications du galvanomètre. Il est facile en opérant ainsi de traduire une déformation ε par un déplacement du spot du galvanomètre proportionnel à ε et amplifié dans un rapport quelconque, des dizaines de milliers de fois si on le juge utile et cela avec un courant inducteur de quelques dixièmes d'ampère seulement.

La galène ne se prête pas à l'emploi de la méthode de zéro proprement dite car elle perd rapidement toute sensibilité lorsque l'inductance tend vers zéro : l'arc de parabole $i = J_0 M^2 I^{\frac{p}{q}}$ a en effet son sommet à l'origine et est tangent en ce point à l'axe des M. Le détecteur à galène ainsi employé est d'une stabilité remarquable ; il faut pour qu'une brusque variation de sensibilité se manifeste que sa pointe subisse un déplacement que seul un ébranlement accidentel violent peut produire, surtout si l'on utilise la disposition réalisée dans la galène *excentro*. Alors, en agissant sur la pointe de façon à reproduire, pour les mêmes valeurs de M et de I, la déviation déjà obtenue, on rétablit l'état antérieur : l'arc de parabole est, en effet, déterminé par un seul de ses points. Il faut cependant signaler un accroissement faible progressif et lent de la sensibilité au cours d'une série prolongée de mesures. Au secteur d'éclairage j'ai substitué avantageusement un petit alternateur d'avion à fer tournant que m'a obligeamment prêté M. A. Cotton.

Il est moins simple d'utiliser une force électromotrice constante car il faut alors qu'un organe auxiliaire ouvre et ferme périodiquement le circuit inducteur. Dans ce cas il est préférable de supprimer la galène et d'opérer à l'aide d'un interrupteur trieur ou d'un interrupteur redresseur. Ce dispositif permet l'emploi de la *méthode de zéro* sous la forme suivante : deux transformateurs T_1, T_2 sont montés en série et construits de façon qu'à une même variation d'inductance mutuelle ΔM correspondent des déplacements ε_1, ε_2 tels que

$$\Delta M = \varepsilon_1 a = \varepsilon_2 \frac{1}{b},$$

a et b étant des paramètres très grands. Alors la déformation ε_1 se trouve traduite par un déplacement $\varepsilon_2 = ab\varepsilon_1$.

On réalise ainsi un comparateur de pouvoir multiplicateur *ab* où il n'y a plus à maintenir invariables les facteurs expérimentaux (intensité du courant, fréquence). Seule intervient la sensibilité du récepteur qui permet de constater que les deux variations opposées d'inductance mutuelle se compensent.

ÉLECTRICITÉ. — *L'adsorption des ions par des particules sphériques conductrices dans un champ ionisé.* Note de M. **M. Pauthenier** et Mme **Moreau-Hanot**, présentée par M. A. Cotton.

Nous nous sommes proposé d'étudier théoriquement la charge et le mouvement pris par une particule *sphérique conductrice* de quelques microns à 100 microns de rayon, dans un champ ionisé d'intensité connue, et de contrôler expérimentalement les résultats du calcul.

Historique. — Rohmann (¹) a traité un problème voisin; mais il considère le cas de particules non conductrices, de plus il les suppose soumises à l'action des ions pendant un temps limité, très insuffisant pour leur donner leur charge limite. Son analyse n'est pas poussée assez loin pour permettre l'étude générale du mouvement des particules.

Deutsch (²) s'est placé à un point de vue analogue au nôtre; mais il a estimé que l'apport des ions sur les particules était dû à l'agitation thermique et non au champ. Dans un travail plus récent (³) le même auteur précise que les résultats de la théorie approchée précédente ne s'appliquent correctement qu'aux particules de 10^{-5} cm de rayon et donnent des nombres trop faibles pour les particules plus grosses.

D'autre part les expérimentateurs précédents ont cru pouvoir contrôler sur des poudres quelconques la théorie faite pour des particules sphériques, ce qui ajoute une incertitude de plus à une vérification déjà difficile. C'est pourquoi nous nous sommes attachés à supprimer cette cause d'erreur dans le contrôle expérimental ultérieur.

Le champ électrique au voisinage immédiat d'une particule sphérique conductrice. — Soit une petite sphère de centre O, de rayon a, possédant n charges élémentaires négatives $-e$ et placée dans un champ électrique E_0 parallèle à OY.

Considérons une charge $-e$ située en un point A voisin de la sphère déterminé par ses coordonnées polaires $OA = a(1 + x$ et $\widehat{YOA} = \theta$. Cal-

(¹) H. Rohmann, *Zeitsch. f. Phys.*, 17, 1923, p. 253-265.

(²) W. Deutsch, *Ann. der Phys.*, 68, 1922, p. 334-335.

(³) W. Deutsch, *Zeitsch. f. techn. Phys.*, 7, 1926, p. 623.

culons la composante radiale F de la force qui s'exerce sur cette charge $-e$.

Au champ donné E_0 correspond la composante radiale $-E_0 e\cos\theta$ qui constitue un premier terme, auquel nous devons ajouter : l'action des charges induites par le champ, calculée conformément à la théorie classique (terme 2), la répulsion de Coulomb (terme 3), l'action de l'image électrique de A, située au conjugué de A par rapport à la sphère (terme 4). Ces trois derniers termes s'écrivent respectivement

$$(2)\qquad -\frac{2E_0 e\cos\theta}{(1+x)^3},$$

$$(3)\qquad +\frac{ne^2}{a^2(1+x)^2},$$

$$(4)\qquad \frac{-e^2}{4a^2x^2}\,\frac{2(1+x)^2-1}{(1+x)^3\left(1+\frac{x}{2}\right)^2}.$$

Dans le cas où nous nous sommes placés (et d'ailleurs dès que $a > 10^{-4}$ cm), la discussion montre que le terme (4) peut être pratiquement confondu avec la valeur $\frac{-e^2}{4a^2x^2}$ dès que x est assez petit pour que l'action de l'image électrique soit à considérer.

Supposons d'abord n petit (sphère peu chargée); il existe au voisinage immédiat de la sphère des valeurs de θ pour lesquelles la force calculée est négative quel que soit x : c'est-à-dire que les ions assez voisins du pôle T se dirigent *vers* la sphère et que la charge de celle-ci augmente.

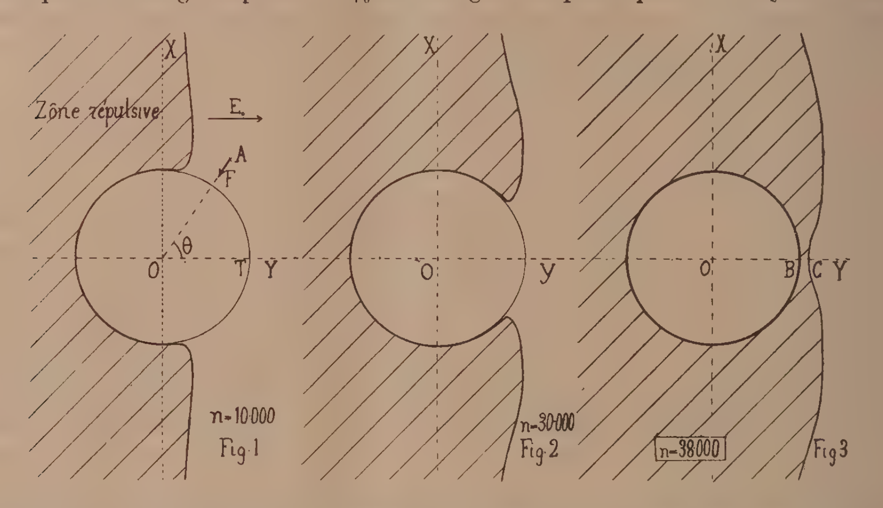
Si le nombre n augmente, l'afflux d'ions diminue de plus en plus. Cherchons d'abord le lieu des points de l'espace où la force F calculée plus haut s'annule; nous obtenons l'équation de la méridienne du lieu :

$$F = -E_0 e\cos\theta\left[1+\frac{2}{(1+x)^3}\right]+\frac{ne^2}{a^2(1+x)^2}-\frac{e^2}{4a^2x^2}=0.$$

Pour des valeurs croissantes de la charge $-ne$, le lieu des points pour lesquels le champ radial s'annule en changeant de signe est représenté par les trois courbes des figures 1, 2 et 3, correspondant à $a = 10^2$ et 6 C. G. S. et qui ont été construites par notre collaborateur Guillien. Ces trois courbes ont pour asymptote OX. Dans le dessin de la figure 3, l'une des nappes de la méridienne est pratiquement confondue avec la sphère.

D'abord (*fig.* 1 et 2) la sphère augmente progressivement sa défense contre l'afflux des ions; elle finit (*fig.* 3) par être complètement entourée d'une zone répulsive que les ions ne pourraient plus franchir que par agita-

tion thermique. Le calcul montre que l'on passe de l'état 2 à l'état 3 pour une charge très voisine de la valeur critique $3E_0 a^2$ et que dans le cas qui nous occupe, la largeur minimum BC de la zone répulsive est voisine de $\frac{a}{3}$ lorsque la charge dépasse de $\frac{1}{10}$ la charge critique : quand le rayon n'est



que de 3^μ cette largeur BC vaut déjà 10 fois le libre parcours moyen des ions dans l'air à la pression normale. Le rôle éventuel du mouvement brownien est donc rapidement limité dans le cas des grosses particules qui nous occupent actuellement.

Ces considérations sont naturellement à la base de la dynamique des gros ions dans les espaces ionisés.

MAGNÉTISME. — *Moments ferromagnétiques et système périodique.* Note (¹) de M. **Ch. Sadron**, présentée par M. Pierre Weiss.

J'ai indiqué (²) comment on peut déduire le moment atomique d'un élément quelconque de la saturation ferromagnétique de ses solutions solides diluées dans le nickel ou dans le cobalt.

J'ai appliqué systématiquement cette méthode à quinze éléments et j'ai pu ainsi dégager les lois de variation du moment atomique :

(¹) Séance du 23 novembre 1931.

(²) Ch. Sadron, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1311.

1° dans une même colonne du tableau périodique;

2° dans une même ligne : celle du fer.

1° *Moments dans une même colonne.* — J'ai déjà montré (*loc. cit.*) que le moment est le même dans les colonnes Ni-Pd-Pt et Cr-Mo-W. Cette loi est confirmée par les nouveaux exemples Si-Sn, V-Sb et Cu-Au. Voici, réunis par colonnes, les moments, en magnétons de Weiss, sur lesquels repose la démonstration :

Cu = 2,09;	Si = 17,8;	V = 23,0;	Cr = 19,0;	Ni = 3,00
Au = 2,3;	Sn = 18,0;	Sb = 24,4;	Mo = 19,5;	Pd = 3,0
			W = 19;	Pt = 2,9

Les différences entre les valeurs des moments dans une même colonne sont inférieures aux erreurs d'expérience possibles.

Je signale une exception. Le ruthénium et le fer sont situés dans la même colonne. Le moment du ruthénium dans le nickel est de 10,8 ± 0,5 magnétons, tandis que celui du fer en solution solide étendue dans le nickel est de 14,0 magnétons ([1]). Le moment du ruthénium n'est donc pas égal à celui du fer dans le nickel, mais au moment 11 du fer pur.

2° *Moments dans la ligne du fer.* — La ligne du fer contient les éléments suivants :

K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni.

Je n'ai pas déterminé directement les moments de K, Ca, Sc, Ti, mais j'ai admis, en me basant sur la loi établie ci-dessus, qu'ils étaient respectivement égaux à ceux de Cu, Zn, Al, Sn. Les résultats sont les suivants :

Élément...	K (Cu).	Ca (Zn).	Sc (Al).	Ti (Sn).	V.	Cr.	Mn.	Fe.	Co.	Ni.
Moment......	2,09	7,3	12,2	18,0	23,0	19,0	15,0	14,0	9,0	3,0
N° atomique..	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28

Ces moments sont représentés dans la ligne inférieure de la figure ci-après.

La ligne supérieure est la courbe des moments des ions en fonction du nombre atomique effectif (Cabrera).

La ligne des moments des métaux se compose de deux droites :

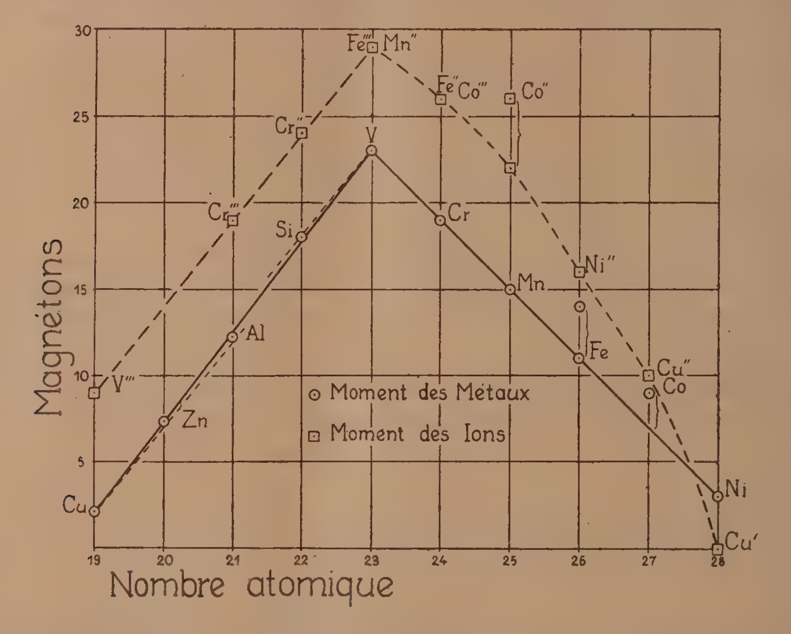
a. Branche descendante vanadium-nickel. — Les points 19,0 du Cr et 15,0 du Mn se placent exactement sur la droite joignant les points représentatifs du V et du Ni. Il en est de même du point 11,0 du fer pur et du ruthénium

---

([1]) FORRER, *Journ. de Phys.*, 7e série, 1, x, 1930, p. 325-339.

tandis que le moment 14,0 du fer dans le nickel s'en écarte. Le moment 9 du cobalt dans le nickel ([1]) fait aussi exception. Mais le cobalt est susceptible de nombreux moments tant à l'état métallique ([2]) qu'à l'état d'ion ([3]). La multiplicité de ces valeurs rend plausible la valeur 7 exigée par la droite.

La pente de la droite donnée par les moments de V, Cr, Mn, Fe pur et



Ni pur est déterminée avec exactitude et égale à — 4,0 magnétons par électron ajouté.

b. Branche ascendante cuivre-vanadium. — La droite joignant le point 2,09 du cuivre au point 23,0 du vanadium donne pour les moments intermédiaires les valeurs 7,32, 12,55, 17,77 compatibles avec les valeurs observées 7,3, 12,2, 18,0.

L'augmentation correspondante du moment est de 5,23 magnétons par électron supplémentaire. Les valeurs entières 7,0, 12,0, 18,0 sont également acceptables. La branche ascendante se composerait alors de deux tronçons

---

([1]) Forrer, *loc. cit.*

([2]) Forrer, *loc. cit.* — Kaya, *Science Rep. of the Tohokû Imp. Univ.*, series I, 17, vii, p. 1157-1177.

([3]) Chatillon, *Thèse, Strasbourg*, 1927. — Mlle Serres, *Thèse, Strasbourg*, 1931.

de droite (voir figure, traits interrompus) correspondant à une augmentation de 5,0 magnétons expérimentaux, ou un magnéton de Bohr, par électron avec un décalage de 1 magnéton expérimental entre Sc et Ti.

Je suis donc conduit à conclure que, pour l'état où se trouvent les éléments quand ils sont en solution solide étendue dans le nickel ou le cobalt :

1° Le moment atomique est le même dans une même colonne du tableau périodique;

2° La variation du moment par électron dans la ligne du fer est, dans la branche descendante (la mieux déterminée), exactement égale à 4 magnétons expérimentaux. Dans la branche ascendante elle est probablement égale à 5 magnétons expérimentaux (ou un magnéton de Bohr) avec une différence d'une unité entre le scandium et le titane.

OSCILLATIONS ÉLECTRIQUES. — *Sur les oscillations entretenues par les lampes à grille positive.* Note de M. **Antonio Rostagni**, présentée par M. A. Cotton.

M. Th. Jonescu a récemment [1] proposé une interprétation remarquable des oscillations à très haute fréquence que l'on obtient dans des lampes ayant la grille positive et la plaque à un potentiel nul ou négatif. Il y fait intervenir d'une façon essentielle le gaz résiduel dans la lampe, en ramenant les oscillations observées à des oscillations propres de ce gaz ionisé. Le calcul de la longueur d'onde λ, d'après une formule donnée auparavant par le même auteur, conduit à une relation avec le potentiel de grille V, de la forme $\lambda^2 V = \text{const.}$ C'est bien la forme des relations admises par Barkhausen, Gill et Morrel, et par la plupart de ceux qui ont étudié le fonctionnement des lampes à grille positive. Mais l'expression de la constante donnée par M. Jonescu, au lieu d'être une fonction seulement des dimensions intérieures de la lampe, contient le rapport du nombre des ions positifs au nombre des électrons. L'on peut donc calculer ce rapport d'après des déterminations, par l'expérience, des λ et des V correspondants.

Comme je disposais de séries de ces valeurs obtenues avec des lampes ordinaires à vide poussé, j'ai essayé ce calcul : j'ai trouvé que le nombre d'ions positifs dans la lampe devrait être du même ordre de grandeur que le nombre des électrons. Or, un tel nombre d'ions serait décelé, en l'absence

(1) *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 575.

d'oscillations, par un courant de plaque notable, que je n'ai point observé.

Il faut conclure que l'explication de M. Jonescu, tel qu'il l'a énoncée, ne peut pas être acceptée pour les oscillations des lampes à vide très poussé, qui ont été étudiées par la plupart des auteurs (1). Ses résultats sont valables peut-être pour les oscillations qui dépendent d'une façon essentielle de la pression du gaz dans la lampe et disparaissent aussitôt que cette pression est réduite au-dessous d'une certaine limite : de telles oscillations ont été parfois observées, entre autres dans des recherches récentes de MM. C. Gutton et G. Beauvais.

Pour les oscillations de l'autre type, proprement dites électroniques, j'ai eu occasion de proposer récemment (2) une interprétation, d'un point de vue analogue à celui de M. Jonescu, les ramenant à des oscillations propres de l'ensemble des électrons contenus dans la lampe, dans l'espace compris entre la grille et la plaque.

Il est connu qu'un ensemble de N électrons, contenus en équilibre statistique dans un condensateur soumis à une différence de potentiel alternative, agit comme une self en dérivation par rapport au condensateur, du moins autant que l'on néglige la perturbation apportée par la charge spatiale dans le champ électrique. Le système équivaut donc à un circuit oscillant, dont la période peut s'exprimer en fonction de N. On a pour la longueur d'onde correspondante

$$(1) \qquad \lambda = \sqrt{\frac{\pi m v}{\varepsilon^2 N}} = \frac{3,35.10^6 \sqrt{v}}{\sqrt{N}},$$

ε et m étant la charge et la masse de l'électron, v le volume renfermé par les armatures.

J'ai voulu appliquer ces considérations au système grille-plaque des lampes à grille positive. J'ai essayé un calcul du nombre N des électrons contenu entre ces électrodes à l'état de régime, pour un courant d'émission i_e et un potentiel de grille V donnés, en introduisant ensuite ce nombre dans la formule (1).

Les valeurs que j'ai ainsi obtenues pour λ s'accordent assez bien avec l'expérience. Surtout, la forme de la relation prévue entre λ et N, $\lambda = \frac{K}{\sqrt{N}}$, est

---

(1) Voir quelques-uns des résumés donnés par Hollman (*Zeits. f. Hochfr.*, 33, 1929, p. 27, 66, 101), Kohl (*Ergebn. d. Exakt. Naturwiss.*, 9, p. 275) etc.

(2) *Atti di Torino*, 66, 1931, p. 123, 217.

vérifiée d'une façon très satisfaisante. Cela résulte de mesures exécutées sur des lampes de cinq types différents; les données seront publiées prochainement dans un travail plus complet.

Le nombre N est calculé en tenant compte des effets de charge spatiale. La valeur la plus convenable de la constante K, déterminée par la méthode des moindres carrés d'après les données d'expérience, ne s'éloigne jamais beaucoup de la valeur théorique $3,35.10^6\sqrt{v}$.

D'après mon interprétation l'élément fondamental, qui détermine le processus oscillatoire, est donc le nombre N. Comme celui-ci est une fonction à la fois de i_e et de v on trouve ainsi justifiée l'observation tant de fois répétée, que les oscillations ne dépendent pas seulement de v, mais aussi de i_e. La relation de Barkhausen $\lambda^2 V = \text{const.}$ en résulte, pour les cas où elle est vérifiée, comme une conséquence particulière. Les oscillations du type Pierret peuvent aussi rentrer dans le cadre proposé, avec celles du type Barkhausen, Gill et Morrel, etc.

OPTIQUE. — *Sur la polarisation circulaire des raies de Raman.* Note de M. A. **Kastler**, présentée par M. A. Cotton.

Hanle et Bär ont constaté des effets remarquables en étudiant la polarisation circulaire des raies de Raman produites par de la lumière incidente polarisée circulairement (1). Ils observent la lumière diffusée presque parallèlement au faisceau incident (effet longitudinal), alors qu'en général on observe perpendiculairement au faisceau incident (effet transversal). Ils constatent ainsi que certaines raies de Raman sont polarisées circulairement dans le même sens que la lumière incidente, d'autres en sens contraire. La règle suivante paraît vérifiée : Les raies qui présentent l'inversion du sens de polarisation circulaire dans l'effet longitudinal sont celles qui sont fortement dépolarisées dans l'effet transversal. Si l'on suppose cette règle générale, on doit s'attendre à trouver dans la structure fine de rotation les états de polarisation suivants : Les raies Q étant peu dépolarisées dans l'effet transversal (2) doivent être polarisées circulairement dans le même sens,

---

(1) W. Hanle, *Ueber eine Anomalie bei der Polarisation der Ramanstrahlung* (*Naturwissenschaften*, 19, 1931, n° 18, p, 375). — R. Bar, *Naturwissenschaften*, 19, 1931, n° 22, p. 463.

(2) C. Manneback, *Intensität und Polarisation der gestreuten Strahlung* (*Zeits. f. Phys.*, 62, 1930, p. 248).

les raies P et R étant très dépolarisées [1] dans l'effet transversal, doivent être polarisées circulairement en sens inverse dans l'effet longitudinal. Une telle inversion du sens de polarisation circulaire, surprenante au premier abord, est exigée, comme nous allons le voir, par le principe de conservation du moment cinétique, appliqué au processus de diffusion de la lumière.

En appliquant ce principe, M. Rubinowicz [2] a établi des règles de sélection et de polarisation pour les cas d'émission et d'absorption de lumière par l'atome.

Il trouve pour le quantum azimutal la règle de sélection.

$$\Delta j = \pm 1.$$

Dans le cas d'une molécule cette règle subsiste à la condition de faire correspondre au nombre j le moment cinétique total de la molécule. Le saut Δj entraîne une variation ΔM du mouvement cinétique de la molécule :

$$\overrightarrow{\Delta M} = \frac{h}{2\pi} \overrightarrow{\Delta j}.$$

Le moment cinétique M' de l'onde lumineuse, qui ne peut dépasser en valeur absolue la grandeur $\frac{h}{2\pi}$, est égal et opposé à ΔM.

La règle de sélection doit être complétée par une règle de polarisation : $M' = + \frac{h}{2\pi}$ correspond à une onde lumineuse polarisée circulairement à droite; $M' = - \frac{h}{2\pi}$ à une onde circulaire gauche.

Dans les phénomènes d'émission et d'absorption de lumière, ayant lieu en absence d'un champ directeur, la règle de polarisation est inapplicable, car les directions privilégiées des molécules (vecteurs j) sont orientées au hasard dans l'espace.

La méthode de Rubinowicz doit aussi s'appliquer au processus de diffusion de la lumière. *On doit exiger que, dans l'acte de diffusion, la variation de moment cinétique de l'onde lumineuse soit égale et opposée à celle de la molécule.* On peut d'ailleurs considérer le processus de diffusion, à cause du troisième niveau intermédiaire, comme un phénomène d'absorption suivi d'une réémission de lumière, et l'on peut alors appliquer les conclusions de Rubi-

---

(1) C. MANNEBACK, *loc. cit.*

(2) Voir A. SOMMERFELD, *Erhaltung von Impulsmoment, Auswahlprinzip und Polarisationsregel* (*Atombau und Spektrallinien*, 3e édition allemande, p. 317-333).

nowicz à chacun de ces actes élémentaires successifs. On trouve ainsi les règles de sélection de l'effet Raman :

$$\Delta j = 0 \quad \text{et} \quad \Delta j = \pm 2.$$

Mais, dans le cas de la diffusion on peut compléter cette règle par des règles de polarisation, car le système possède une orientation privilégiée dans l'espace : la direction du rayon lumineux incident. Lorsque la lumière incidente est polarisée circulairement, son moment cinétique $\vec{M}'$ est dirigé suivant le rayon lumineux. Seules les molécules dont le vecteur $\vec{j}$ est momentanément orienté dans cette direction peuvent l'absorber. L'onde réémise immédiatement [1] possédera le même axe de symétrie que l'onde incidente.

Nous avons les cas suivants à envisager :

1° $\Delta j = 0$. Raies Q. Le moment cinétique de la molécule n'a pas varié. Le moment cinétique de l'onde diffusée doit donc être égal à celui de l'onde incidente.

Les raies Q doivent être polarisées circulairement dans le même sens que la lumière incidente.

2° $\Delta j = \pm 2$. Raies R et P. Le moment cinétique de la molécule a varié de $\Delta M = \pm 2 \frac{h}{2\pi}$. Celui de l'onde aura donc également varié de $\pm \frac{2h}{2\pi}$.

Cela ne permet $\left(\text{à cause de l'inégalité } |M'| \leq \frac{h}{2\pi}\right)$ pour la lumière que les transformations suivantes :

$$-\frac{h}{2\pi} \to \frac{h}{2\pi} \quad \text{et} \quad \frac{h}{2\pi} \to -\frac{h}{2\pi},$$

qui correspondent à une inversion du sens de polarisation circulaire.

Les raies R et P doivent être polarisées circulairement en sens inverse de la lumière incidente.

Dans les considérations précédentes l'auteur s'est placé, pour la lumière, au point de vue de la théorie ondulatoire de Maxwell. Raman et Bhagavantam, dans un Mémoire tout récent [2], reçu après la rédaction de cette Note, arrivent aux mêmes conclusions, en partant de l'idée d'un spin du photon individuel.

---

(1) La dépolarisation des raies diffusées pourra précisément nous renseigner sur la désorientation du vecteur j et partant sur la durée de l'acte de diffusion.

(2) RAMAN and BHAGAVANTAM, *The Experimental Proof of the Spin of the Photon* (*Indian Journal of Physics*, 6, Part IV, 1931, p. 353).

Remarques sur la Note précédente de M. A. Kastler,
par M. **A. Cotton.**

M. A. Kastler, dans cette Note, se rencontre avec M. Jean Cabannes qui a envoyé sur le même sujet, le 27 octobre dernier, à la Rédaction du *Journal de Physique*, un Mémoire plus étendu dont j'avais reçu une copie. Tous deux ont d'ailleurs été précédés par Sir C. V. Raman : Dans la première partie de l'article récent cité par M. Kastler, et déjà dans une Note de *Nature* (128, 1931, p. 545), C. V. Raman indiquait que les expériences de Hanle et Bär pouvaient être interprétées, non seulement par l'hypothèse du *spin* des photons, mais par la théorie classique. Les faits qui, d'après C. V. Raman, constituent une preuve décisive pour l'existence du spin en question, sont ceux qu'il a trouvés en mesurant l'état de polarisation non pas des raies de Raman, mais des raies diffusées *sans changement de longueur d'onde*.

On avait déjà signalé que de part et d'autre de ces raies se trouve une portion de spectre continu formé par de la lumière à peu près dépolarisée. C'est la mesure de la dépolarisation de la raie d'une part, du fond de l'autre, qui, d'après Sir C. V. Raman et S. Bhagavantam, permet seule de trancher la question de l'existence du spin.

Dans sa Note, M. Kastler fait allusion à une influence possible d'un champ extérieur sur le phénomène de Raman. Je voudrais à cette occasion dire un mot de quelques essais que nous avons faits l'an passé dans cette direction, M. Andant et moi, avec le gros électro-aimant de Bellevue.

On ne peut pas s'attendre à voir le champ magnétique modifier profondément les raies de Raman, comme il le fait pour les raies émises par une source placée dans le champ, mais les mouvements d'oscillation et de rotation auxquels on attribue l'effet Raman peuvent cependant subir quelque influence sous l'action du magnétisme : on est conduit ainsi à examiner l'intensité et l'état de polarisation de ces raies lorsque le fluide qui les émet est placé dans le champ d'un électro-aimant.

Une cuve renfermant du nitrobenzène était placée entre les pôles donnant un champ de 46300 gauss. Le faisceau éclairant provenant d'un arc au mercure, et le faisceau diffusé (à angle droit) étaient tous deux normaux aux lignes de force du champ. Un dispositif simple (bilame demi-onde, avec les lignes neutres correspondantes faisant un angle de 45°, dont on projetait l'image sur la fente à travers un nicol) permettait d'obtenir en même temps,

avec ou sans champ, deux spectres de Raman contigus, correspondant l'un aux vibrations horizontales parallèles aux lignes de force, l'autre aux vibrations verticales normales à ces lignes.

Voici ce qu'on a remarqué [1] en examinant les clichés ou en les mesurant au microphotomètre.

Les raies de Raman dans le champ employé, étudiées avec un spectrographe à prismes (ne donnant naturellement aucun renseignement sur leur structure fine) ne subissent aucune décomposition ou changement notable d'aspect. Mais dans les quatre clichés obtenus, les raies de Raman produites par la raie indigo du mercure, et correspondant notamment aux changements de fréquence 1112, 1342, 1587 ont paru augmenter nettement d'intensité dans le spectre des vibrations parallèles au champ. Les raies 1112, 1587 (attribuées au noyau benzénique) augmentent aussi d'intensité sous l'action du champ dans le spectre des vibrations normales au champ, tandis que pour la raie 1342 (attribuée à NO^2) cette augmentation est pour le moins douteuse. Les raies simplement diffusées du mercure, de longueurs d'onde 4916 et 5461, photographiées en même temps, qui se prêtent à des mesures de densités sur les clichés, ne varient pas d'intensité comme les raies Raman. Les récents travaux parus sur la question suggèrent des expériences analogues : voilà pourquoi je signale, malgré leur caractère incomplet, et avec les réserves qui s'imposent, ces essais préliminaires.

POLARISATION ROTATOIRE. — *De l'influence de la nature des liaisons chimiques sur la production du dichroïsme circulaire.* Note de M. **J.-P. Mathieu**, présentée par M. A. Cotton.

L'effet Cotton (existence simultanée de la dispersion rotatoire anormale et du dichroïsme circulaire dans les corps absorbants doués de pouvoir rotatoire naturel) ne s'observe pas chez tous les corps à la fois actifs et absorbants. Dans certains cas, on peut rapporter sans ambiguïté l'activité

---

(1) Dans la première expérience une raie de Raman a été complètement supprimée par l'action du champ ; mais ce fait était dû à une cause accidentelle : la pose sans champ avait précédé la pose avec champ : or, cette raie était due à une raie du mercure de longueur d'onde plus courte, pour laquelle le liquide devient bien vite très absorbant sous l'influence de la lumière, comme l'a signalé Sirkar (*Indian Journal of Physics*, **6**, 1930, p. 665).

de l'espèce chimique étudiée à la présence dans sa molécule d'un atome asymétrique et une de ses bandes d'absorption à la présence d'un chromophore déterminé. On peut alors chercher des relations qualitatives entre l'existence ou l'absence de l'effet Cotton dans la bande considérée et la nature des forces de valence qui unissent l'un à l'autre le groupe actif et le groupe absorbant. Une telle étude a été entreprise par Lifschitz ([1]). Cet auteur considére un certain nombre de composés dont le domaine d'absorption est situé dans le spectre visible, et adopte les théories de Werner relatives aux forces de valence. Cependant toutes ses conclusions ne peuvent être considérées comme générales, vu le petit nombre de cas expérimentaux étudiés jusqu'à présent. Deux des règles les plus fermement établies semblent les suivantes : les liaisons homopolaires principales qui unissent directement le chromophore au groupe actif entraînent l'effet Cotton; les liaisons de valence hérétopolaires (électrolytiques) ne le produisent pas. Cette seconde proposition a été vérifiée par Lifschitz ([2]), Olmstead ([3]), Darmois ([4]), sur des sels à cations colorés d'acides organiques actifs.

J'ai pu observer directement, dans des solutions actives de composés d'acide tartrique et de chrome, une modification de la nature des forces de valence qui unissent l'atome métallique au reste actif de la molécule.

Ces solutions sont préparées en dissolvant une quantité connue d'hydroxyde de chrome fraîchement précipité dans un volume mesuré d'une solution titrée d'acide tartrique refroidie à 0° C. Les solutions pour lesquelles le rapport $\frac{\text{atomes-grammes de chrome}}{\text{molécules-grammes d'acide tartrique}} = \frac{1}{3}$, et qui correspondent à la composition du tartrate acide, ont une couleur bleu violacé. Elles présentent un maximum d'absorption vers $570^{m\mu}$. Si l'on étudie leurs propriétés *aussitôt* après leur préparation, on constate que le sel chromique qu'elles contiennent est normalement ionisé : l'ion coloré se déplace vers la cathode si l'on établit un champ électrique dans la solution; la conductivité équivalente a une grandeur normale; la totalité du chrome en solution est précipitable par l'ammoniaque à l'état d'hydroxyde.

Ces solutions ont une dispersion rotatoire normale et ne possèdent pas de dichroïsme circulaire. Leur pouvoir rotatoire (voir tableau, 1re colonne) croît régulièrement avec le pH de la solution, comme dans la saturation de l'acide tartrique par une base alcaline.

([1]) J. Lifschitz, *Zeits. f. physik. Chemie*, 105, 1923, p. 27; 114, 1925, p. 485.
([2]) J. Lifschitz, *loc. cit.*
([3]) Olmstead, *Physical Review*, 35, 1912, p. 31.
([4]) E. Darmois, *Journal de Physique*, 6, 1925, p. 239.

Abandonnées à elles-mêmes, ces solutions finissent par prendre une couleur violet foncé et le maximum d'absorption est alors situé vers $560^{m\mu}$. Ce changement de coloration manifeste une modification du corps en solution. En effet, lorsque les solutions précédentes ont cessé d'évoluer, elles ne donnent plus aucun précipité d'hydroxyde par l'ammoniaque et l'ion coloré se déplace vers l'anode dans un champ électrique. Une élévation de température accélère beaucoup l'évolution du phénomène. La transformation constatée consiste donc en une réaction chimique dont l'accélération thermique est notable et qui donne naissance à un composé dans lequel le chrome, dissimulé, fait partie d'un anion complexe. Dans cet anion, la liaison du chrome avec le radical acide se fait certainement par valence homopolaire, et non plus par valence hétéropolaire comme dans le sel normal.

La transformation des solutions est assez lente à la température ordinaire pour qu'on puisse en suivre la marche : à mesure que le chrome se dissimule, la dispersion rotatoire devient fortement anomale, comme le montre le tableau suivant :

Solution contenant 0,0111 *molécule-gramme d'acide tartrique et* 0,0027 *atome-gramme de chrome dans* 150^{cm^3} ($l = 2^{cm}$, $t = 18^{o}$ C.).

Temps	0.	1 jour.	3 jours.	6 jours.	3 mois.
	°	°	°	°	°
α_{6563}	+0,05	+0,03	−0,01	−0,05	−0,09
α_{5780}	+0,06	+0,01	−0,05	−0,11	−0,22
α_{5461}	+0,065	+0,11	+0,12	+0,13	+0,20
α_{4861}	+0,07	+0,13	+0,25	+0,43	+0,56
α_{4358}	+0,08	+0,14	+0,21	+0,35	+0,42

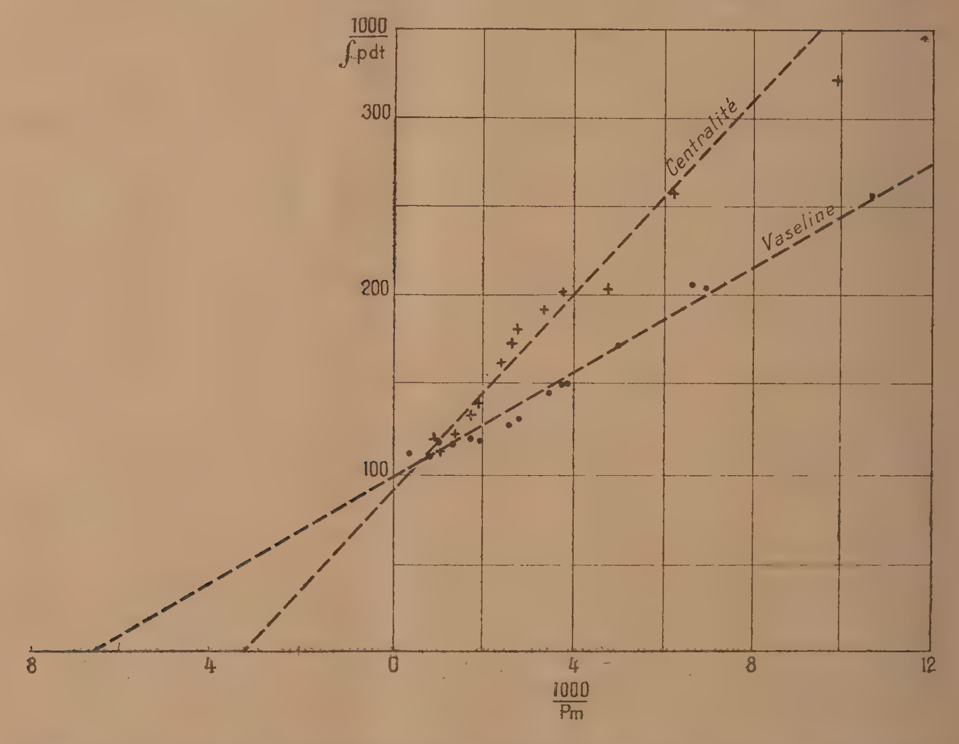
En même temps apparaît le dichroïsme circulaire caractéristique de l'effet Cotton, et sa valeur croît au cours du temps jusqu'à une limite.

Les faits précédents rendent très vraisemblable l'hypothèse que le dichroïsme circulaire est proportionnel à la concentration du complexe formé dans la réaction. On peut alors déduire des mesures de dichroïsme faites en fonction du temps et à température constante l'ordre de la réaction qui se produit dans la solution et la formule brute du complexe. Le résultat est en accord avec celui que l'on obtient par d'autres méthodes.

Ce cas particulier offre l'exemple d'un même chromophore uni à un même groupe absorbant par liaison de valence ionisable ou non, et la preuve que l'effet Cotton n'existe que dans le second cas.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Variation de $\int p\,dt$ avec la densité de chargement pour une poudre B à la vaseline et une poudre B à la centralite.* Note [1] de MM. **Henri Muraour** et **G. Aunis**, présentée par M. G. Urbain.

Dans une série d'expériences exécutées à différentes densités de chargement avec des poudres à la nitroglycérine additionnée ou non de vaseline, nous avons précédemment montré que si la diminution de $\int p\,dt$ aux basses



densités de chargement existe pour ces deux types de poudre, cette réduction est beaucoup moins accentuée pour les poudres à la vaseline que pour les poudres à la centralite [2]. Il était intéressant de rechercher si le même phénomène pouvait être observé avec des poudres B.

---

(1) Séance du 16 novembre 1931.

(2) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 418.

Nous avons opéré sur deux échantillons de poudre B ayant comme composition :

	Épaisseur mesurée.
B 99, Pâte à 40 pour 100 de soluble, 6 pour 100 de vaseline........	$1^{mm},04$
B 100, Pâte à 40 pour 100 de soluble, 6 pour 100 de centralite (¹)...	$1^{mm},03$

Taux d'azote nitrique déterminé par la méthode à l'acétone (²) :

			Moyenne pour 100.
Poudre B 99......................	11,61	11,56	11,58
Poudre B 100......................	11,59	11,57	11,58

Les deux poudres ont été tirées avec leur humidité normale. A partir des résultats obtenus on a tracé le graphique : $\int p\,dt$-durée totale de combustion; et le graphique : inverse de $\int p\,dt$-inverse de la pression maximum. Ce dernier graphique est reproduit ci-contre.

De l'examen des graphiques on déduit pour ces deux poudres les caractéristiques suivantes :

Graphique $\frac{1000}{PM}\ \frac{1000}{\int p\,dt}$:

	B99.	B100.
Valeur de l'inverse de $\int p\,dt$ sous une pression infinie............	98	90
Valeur de la pression max. sous laquelle le $\int p\,dt$ tombe à la moitié de la valeur calculée pour la pression infinie....................	151	301

Graphique temps $\int p\,dt$:

Valeur de $\int p\,dt$ pour une durée de combustion nulle (S_0)........	10,3	11,6
Valeur de $\frac{1000}{S_0}$..	97	86,2
Pente de la droite (effet supplémentaire)....	83	197
Valeur de $\frac{S_0}{\pi\,ep.}$..	119	57

La chute de $\int p\,dt$ aux basses densités de chargement est beaucoup plus

(¹) Diéthyldiphénylurée symétrique.
(²) *Bulletin Société chimique*, 4ᵉ série, 45, 1929, p. 1189.

faible pour la poudre à la vaseline que pour la poudre à la centralite. Le phénomène qui avait été observé avec les poudres à la nitroglycérine a donc été retrouvé avec les poudres à la nitrocellulose.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la méthode expérimentale propre à établir l'indépendance de la teneur en hydrogène et de la dureté du fer électrolytique.* Note de MM. **Guichard**, **Clausmann**, **Billon** et **Lanthony**, présentée par M. G. Urbain.

Des expériences prolongées et répétées (¹) ont définitivement établi que tous les échantillons de fer électrolytique préparés au laboratoire peuvent être débarrassés de l'hydrogène qu'ils contiennent par un chauffage suffisamment prolongé à une température pour laquelle la dureté ne subit aucun adoucissement.

D'où la conclusion que la dureté et la teneur en hydrogène de ces métaux sont indépendantes l'une de l'autre.

Nos expériences n'ont pas encore porté sur le fer électrolytique industriel, dont nous n'avons pas d'échantillons bruts d'électrolyse n'ayant subi aucun traitement ultérieur.

MM. Guillet, Roux et Cournot étudient précisément le fer électrolytique industriel, dans une Note récente (²). Leurs résultats pourraient faire croire que le fer électrolytique industriel ne se comporte pas comme le fer électrolytique de laboratoire, ce qui serait singulier. Ces auteurs chauffent du fer dans le vide 24 heures à 350° et en extraient environ le quart de l'hydrogène contenu, sans observer de variation de dureté; puis, chauffant le fer 3 heures à 600° et 3 heures à 800°, ils extraient de nouvelles quantités d'hydrogène, en même temps que la dureté diminue (³).

En faisant cette rapide expérience de 30 heures, ils déclarent avoir adopté notre processus opératoire. Cependant ce processus a été défini ainsi (¹) : « prolonger les recuits à chaque température assez longtemps, en général 24 heures, pour que la plus grande partie de l'effet possible soit

(¹) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 623 et 1096.

(²) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 685.

(³) Remarquons incidemment que, d'après les auteurs, dans le fer électrolytique industriel, le gaz hydrogène n'est qu'en petite quantité à côté d'autres gaz parasites abondants. Le fer électrolytique de laboratoire dégage des gaz plus riches en hydrogène.

obtenu ». En fait, dans l'expérience que nous avons décrite, nous avons réussi à obtenir en 24 heures à 165°, suivies de 24 heures à 240°, une élimination si complète de l'hydrogène du fer électrolytique qu'ensuite en chauffant ce métal progressivement durant 168 heures, jusqu'à 1000°, nous n'avons plus recueilli aucune trace d'hydrogène.

Il n'est aucunement surprenant qu'une seule chauffe de 24 heures à 350° n'ait pu chasser tout l'hydrogène du fer industriel : la durée nécessaire pour atteindre ce résultat ne peut être fixée à l'avance; elle varie évidemment avec les échantillons et avec la perfection du vide maintenu en permanence sur le métal durant l'extraction.

Il est clair que si les auteurs avaient continué à chauffer leur fer dans le vide à 350°, ils auraient extrait de nouvelles quantités d'hydrogène; il est pour nous inexplicable qu'ils ne l'aient pas tenté. Telle qu'elle est, leur expérience démontre que l'on peut laisser de l'hydrogène dans le fer si on ne le chauffe que durant 24 heures à 350°; elle ne démontre nullement qu'il soit impossible de déshydrogéner totalement le métal en prolongeant l'expérience à cette même température. Rien n'empêche donc de penser que, même pour le fer électrolytique industriel, la déshydrogénation totale soit réalisable à une température pour laquelle la dureté ne s'abaisse pas, et nous continuons à conclure que la présence d'hydrogène n'est pas la cause de la dureté du fer électrolytique.

D'ailleurs la structure si particulière de ce métal électrolytique est bien suffisante pour expliquer sa dureté sans qu'il soit nécessaire d'y supposer la présence d'hydrure que certains disent avoir vu sans démontrer qu'il s'agit réellement de cristaux d'hydrure.

Enfin, ayant placé la question de la dureté des métaux électrolytiques sur le terrain des faits accessibles à l'expérience, nous croyons devoir laisser de côté des considérations théoriques qui s'éloignent de ces faits.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la vitesse de cristallisation des différentes formes du tartrate diméthylique.* Note [1] de M. G. RUMEAU, présentée par M. Ch. Fabry.

Au cours de recherches sur les vitesses de cristallisation comparées de deux antipodes optiques, nous avons l'occasion de constater une différence

---

[1] Séance du 23 novembre 1931.

considérable entre les vitesses de cristallisation du tartrate de méthyle droit et du tartrate de méthyle gauche. Cette différence nous ayant étonné, nous l'avons attribuée d'abord à une impureté du tartrate gauche; des purifications ultérieures par distillation et cristallisation n'ont pas permis de réduire cette différence. En amorçant la cristallisation du *d*-tartrate avec du *l*-tartrate, nous avons pu obtenir la même vitesse et montrer que, pour le tartrate obtenu d'ordinaire et qui fond vers 48°, il existe deux formes cristallines : α_1 fondant un peu au-dessous de 48°, et α_2 fondant un peu au-dessus de 50°. Ces deux formes existent pour les deux inverses optiques et nous avions obtenu fortuitement l'une pour le *d*-tartrate, l'autre pour le *l*-tartrate.

En prenant des précautions particulières, nous avons pu faire des mesures de vitesse de cristallisation en tube étroit pour les deux formes; ces mesures sont reproductibles à 2 ou 3 pour 100 près. A 27° par exemple, les vitesses, en millimètres par minute, sont 0,66 pour α_1 et 3,20 pour α_2; les variations de la vitesse ont été suivies en fonction de la température de 10° à 45°; la vitesse passe par un maximum vers 25°.

La forme α_1 est très instable; lorsqu'on ensemence le liquide surfondu avec cette forme, la colonne cristalline progresse d'abord avec la vitesse propre de α_1; mais il arrive très souvent, surtout au-dessous de 35°, qu'une formation subite de germes α_2 se produise et la colonne progresse ensuite avec la vitesse de α_2. On peut laisser longtemps, sans modifications mutuelles, les deux formes solides α_1 et α_2 juxtaposées dans le même tube, même au voisinage du point de fusion de α_1.

Dans la littérature, on signalait jusqu'à ce jour l'existence de deux formes solides du tartrate diméthylique : une forme α fondant à 48° et une forme β signalée par Patterson et fondant à 61°. Malgré de nombreux essais, nous n'avions pas pu obtenir cette forme β. M. le professeur Patterson ayant eu l'obligeance de nous en envoyer quelques germes, nous avons pu ensemencer le liquide surfondu; il cristallise alors entièrement sous la forme β. A 27°, la vitesse de cristallisation de la forme β est 0,275, inférieure à celles des formes α_1 et α_2; la forme β paraît très stable.

Nous avons cherché si les deux formes α_1 et α_2, à vitesses de cristallisation si différentes, pouvaient être deux modifications moléculairement distinctes, en mesurant le pouvoir rotatoire de solutions dans l'alcool méthylique. Nous n'avons pas constaté de différence entre les deux pouvoirs rotatoires, ni de mutarotation permettant de conclure du passage d'une forme à l'autre en solution. Des résultats analogues ont été obtenus par

Weissberger et Sängewald [1] en comparant les activités optiques de solutions benzéniques de la forme β et du mélange $\alpha_1 - \alpha_2$. Jusqu'ici il est vraisemblable qu'il s'agit de modifications polymorphiques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Effet Raman et chimie : le noyau cyclopropanique.* Note [2] de MM. **R. Léspieau**, **M. Bourguel**, **R. Wakemann**, présentée par M. Matignon.

Nous avons étudié le spectre du cyclopropane ainsi que ceux de six carbures cyclopropaniques : le méthylcyclopropane, le diméthyl-1-2.cyclopropane, le méthyl-1-éthyl-2-cyclopropane, le méthyl-1-propyl-2-cyclopropane, le phénylcyclopropane et le diphényl-1-2.cyclopropane.

Le cyclopropane a été étudié à l'état liquide à 18° en tube scellé. Son spectre relativement simple comprend :

a. Dans la région des liaisons C — C : 1° une raie très forte et très fine de fréquence 1188 + ou — 1,5 ; 2° une bande de force moyenne dont le milieu est à 867 (largeur 10 unités Raman environ); 3° une bande faible et large à 1439 (largeur 20 unités environ).

b. Dans la région des liaisons C — H : 1° deux raies fortes et fines rapprochées, à 3011 et 3028; 2° une bande faible et large dont le milieu est situé à 3076.

Les fréquences caractéristiques du cyclopropane avaient été calculées à priori il y a quelques mois par M. Yates [3] d'après les vibrations de trois masses identiques placées aux sommets d'un triangle; il avait prévu que ces fréquences seraient 400 et 1350. On voit que les nombres expérimentaux ne coïncident nullement avec ceux du calcul.

Par contre M. Bhagavantam [4], puis M. Kohlrausch [5] d'après les calculs de Radakovic, ont prévu que les deux fréquences d'un cycle en C^3 régulier seraient entre elles dans le rapport $\sqrt{2}$. Or les fréquences 867 et 1188 sont justement dans un rapport très voisin : 1,37.

Les spectres des autres carbures cyclopropaniques sont évidemment plus

---

(1) *Zeits. f. phys. Chem.*, (B), 13, 1931, p. 384.

(2) Séance du 23 novembre 1931.

(3) Yates, *Physical Review*, 37, 1931, p. 666.

(4) Bhagavantam, *Indian J. of Phys.*, 5, 1930, p. 78.

(5) Kohlrausch, *Der Smekal-Raman-Effekt*, p. 171.

compliqués. Nous avons cherché à suivre les raies du cyclopropane, mais le détail de cette étude ne peut être exposé dans cette Note. Nous nous bornerons aux résultats, intéressants pour le chimiste, qui permettent de reconnaître immédiatement un composé cyclopropanique.

1° On retrouve toujours une raie rappelant la raie 1188, très légèrement déplacée, mais toujours forte dans une région de raies plus faibles, ce qui permet de bien l'identifier. Elle se trouve à 1208 dans le méthylcyc., à 1214 dans le diméthylcyc., elle devient un doublet dans le méthyléthylcyc. à 1209 et 1221, ainsi que dans le méthylpropylcyc. à 1207 et 1221; elle redevient simple à 1221 dans le phénylcyc. et à 1227 dans le diphénylcyc.

Nous considérons que cette raie caractérise les liaisons C — C du noyau en C^3.

Elle obéit à la loi déjà énoncée [1] au sujet du déplacement des raies acétyléniques et éthyléniques sous l'effet des substitutions : *la fréquence augmente quand on remplace l'hydrogène par un ou plusieurs radicaux alcooliques ou phénoliques.* Cette loi semble donc générale pour les raies caractéristiques des carbures. Elle trouve encore un appui dans le fait que les noyaux en C^3 qui portent deux substitutions de masse inégales (méthyléthyl et méthylpropyl) présentent non pas une seule raie mais un doublet. Le poids de la substitution intervient donc dans la grandeur du déplacement de la raie.

2° La raie 1349 se retrouve aussi car, bien qu'elle ne puisse être mise en évidence dans les carbures à chaînes aliphatiques étudiés puisqu'il s'y superpose la bande forte caractéristique des CH^2 ou CH^3, on la retrouve dans les deux carbures aromatiques.

3° Dans la région des liaisons C — H, le doublet 3011-3028 devient 2999-3016 dans le méthylcyc., 2999-3015 dans le diméthylcyc., puis la raie 3015, déjà faible dans le dernier composé, disparaît dans les suivants, il ne reste qu'une raie forte à 2999-3000 dans les méthyléthyl, méthylpropyl, diphényl; à 3006 dans le phényl. La bande 3076 reste aussi à 3074, 3064, 3066, 3062, 3061; seule sa force change, de faible elle devient très forte à partir du méthyléthylcyc.

En résumé le *noyau d'un composé cyclopropanique est donc pratiquement caractérisé : 1° par une raie forte très voisine de* 1200 *correspondant aux liai-*

---

(1) BOURGUEL et DAURE, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1298. BOURGUEL, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 934.

sons C — C *du noyau* 2° *par deux raies fortes à* 3060 *et à* 3065 *correspondant aux liaisons* C — H.

Le spectre du noyau est donc totalement différent de celui des chaînes aliphatiques ouvertes saturées, que l'on reconnaît immédiatement à la présence, dans la région des liaisons C — H, de nombreuses raies entre 2850 et 3000. Il se rapproche, au contraire, de celui des composés éthyléniques qui, eux aussi, ont dans cette région une raie vers 3000 et une autre vers 3080.

Il fautconstater que l'effet Raman, rapprochant éthyléniques et cyclopropaniques, conduit aux mêmes conclusions que la chimie puisque, bien que nos formules n'en laissent rien prévoir, nombreux sont les réactifs qui ne permettent pas facilement de distinguer entre ces deux classes de composés. Toutefois par voie spectroscopique il ne peut pas y avoir de confusion, car les cyclopropaniques n'ont pas la raie forte de la région 1600 caractérisant la double liaison.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur l'absorption des solutions aqueuses de quelques chlorures dans l'ultraviolet.* Note de M. **R. Tréhin**, présentée par M. Ch. Fabry.

Le dispositif expérimental et les procédés de photométrie photographique ont été décrits précédemment à propos de l'étude de l'absorption des solutions aqueuses d'acide chlorhydrique [1].

Les recherches qui font l'objet de cette Note concernent les chlorures de sodium, potassium, lithium, baryum et strontium.

Les spectres d'absorption de divers échantillons commerciaux de chacun de ces sels sont, en général, différents, par suite de la présence d'impuretés. J'ai adopté pour NaCl, KCl, $BaCl^2$ et $SrCl^2$ les méthodes de purification suivantes :

Un échantillon de chlorure au maximum de pureté est choisi par comparaison des spectres d'absorption de solutions aqueuses saturées. Le sel est alors précipité par barbotage de gaz chlorhydrique, ou addition d'acide chlorhydrique, ou d'alcool purs. Les cristaux sont essorés et séchés dans le vide, pulvérisés dans un mortier de Pyrex, lavés avec un peu d'eau pure, de

(1) R. Tréhin, *Sur l'absorption des solutions aqueuses d'acide chlorhydrique dans l'ultraviolet* (*Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 774).

nouveau essorés et séchés dans le vide, puis chauffés dans une capsule de platine à la température juste suffisante [1] pour chasser l'acide ou l'alcool retenus par adsorption.

Enfin le sel est dissous dans l'eau pure.

Les opérations précédentes sont répétées jusqu'à ce que la transparence de la solution obteuue soit maxima.

Dans le cas de LiCl j'ai procédé ainsi :

Première méthode. — Le sulfate de lithium est précipité par l'alcool de sa solution aqueuse saturée et traité selon la technique précédente. La solution pure obtenue est mélangée, à l'ébullition, avec une solution de chlorure de baryum pur; le sulfate de baryum précipité est séparé par filtration du chlorure de lithium qui est ensuite concentré.

Deuxième méthode. — Le carbonate de lithium est dissous dans l'eau pure chargée de gaz carbonique et le liquide filtré porté à l'ébullition : le carbonate de lithium, cristallisé, précipite; il est essoré et séché dans le vide, pulvérisé, lavé plusieurs fois avec de l'eau pure, essoré; puis, traité par l'acide chlorhydrique pur. Enfin la solution de chlorure de lithium obtenue est concentrée.

Toutes les manipulations doivent être effectuées dans des appareils en Pyrex et les solutions conservées dans des flacons de même verre bouchés à l'émeri.

Ces méthodes conduisent à des résultats parfaitement concordants et reproductibles.

Résultats. — La région explorée s'étend entre 2816 et 1990 Å :

1° A la même température, sous une épaisseur déterminée et concentration en ions Cl^- égale, les spectres d'absorption dans l'ultraviolet des solutions aqueuses des chlorures étudiés sont identiques. Les procédés de purification de ces sels et les méthodes de travail utilisées font disparaître les écarts signalés jusqu'ici [2].

2° L'absorption augmente d'une manière parfaitement continue quand la longueur d'onde décroît.

3° Les solutions de chlorure de lithium peuvent être assez concentrées

---

[1] F. C. Guthrie et J. T. Nance, *Decomposition of alkali chlorides at high temperatures* (*Transactions of the Faraday Society*, 27, 1931, p. 230).

[2] Hans Fromherz und Wilhelm Menschick, *Ueber die Lichtabsorption der Alkalihalogenide in wasserigen Lösungen* (*Zeitschrift für physikalische Chemie*, 7, 1930, p. 439).

pour montrer l'existence d'un maximum d'absorption, dans des conditions analogues à celles déjà signalées à propos des solutions aqueuses d'acide chlorhydrique [1].

4° A une température donnée la variation du coefficient d'absorption moléculaire en fonction de la concentration en ions Cl^- est la même pour l'acide chlorhydrique et les chlorures dans le cas des solutions très étendues, mais devient différente lorsque la concentration croît.

5° Si l'on fait des mélanges d'acide chlorhydrique et de divers chlorures en maintenant constante la concentration en ions Cl^-, on observe des spectres d'absorption intermédiaires entre ceux de l'acide chlorhydrique et des chlorures purs.

Conclusions. — Ces résultats montrent que l'absorption des solutions *très étendues* d'acide chlorhydrique et de chlorures est due uniquement à la présence des ions Cl^- (plus ou moins hydratés).

En solution plus concentrée, l'absorption tend à augmenter avec le nombre d'ions Cl^-, mais, le cation (plus ou moins hydraté) forme sans doute avec les ions Cl^- certaines associations temporaires dont le nombre est à chaque instant, dans un volume donné, fonction de la concentration en ions Cl^- et de la température.

Ces associations modifient l'absorption suivant une loi identique dans le cas de Na^+, K^+, Li^+, Ba^{++}, Sr^{++}, mais différente dans le cas de H^+.

La modification peut même devenir prépondérante dans des conditions expérimentales convenables.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Résultats d'essais activés de corrosion sur aciers inoxydables.* Note de M. **Jean Cournot**, présentée par M. Léon Guillet.

J'ai été appelé, au cours de ces deux dernières années, à diriger l'exécution d'un grand nombre d'essais de corrosion sur aciers inoxydables, conformément aux prescriptions unifiées par les Services Techniques de l'Aéronautique française; les résultats obtenus permettent de dégager des renseignements généraux sur la valeur et la mise en pratique de ces méthodes activées d'essais à la corrosion.

Les alliages essayés étaient au nombre de onze; sept aciers du type 18 pour 100 de

---

[1] Un maximum d'absorption a également été indiqué pour les solutions aqueuses concentrées d'acide nitrique, par K. Schaefer, *Z. anorg. Ch.*, 97, 1916, p. 285.

chrome et 8 pour 100 de nickel, un acier à 10 pour 100 de chrome et 23 pour 100 de nickel, deux aciers à 13 pour 100 de chrome sans nickel, et, à titre de base de comparaison, un fer pur. Les essais dont il est ici question, ayant seulement pour but l'étude des méthodes d'essais, ces produits ont été expérimentés à l'état de livraison, avec deux éprouvettes pour chaque type d'essai afin d'avoir une moyenne.

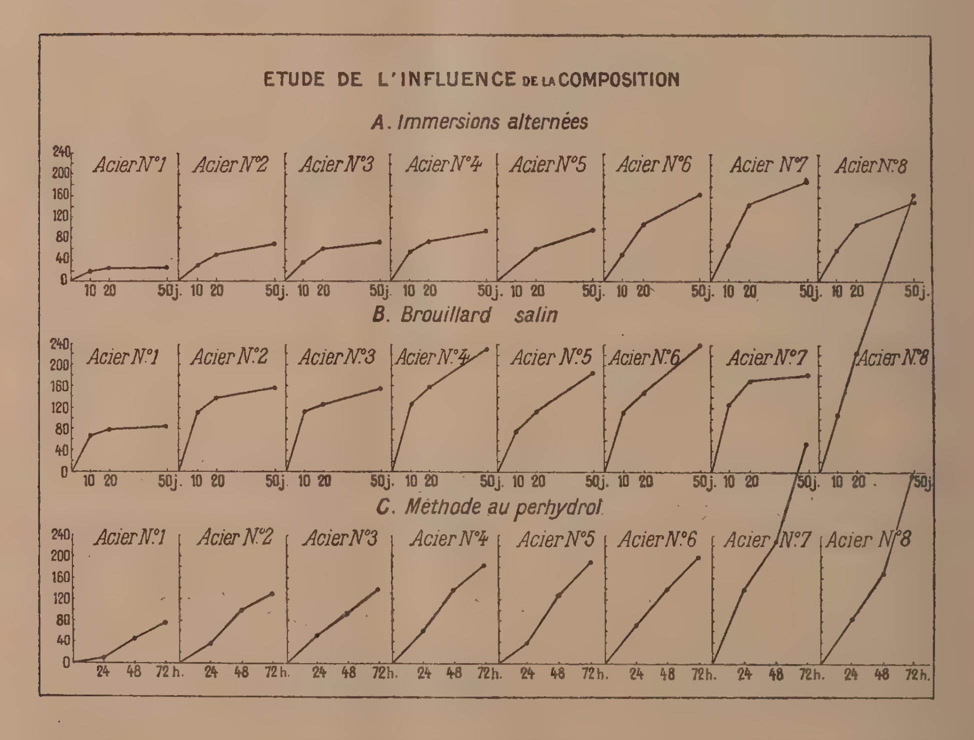
Les méthodes utilisées ont été :

la méthode par immersions et émersions alternées, et la méthode au brouillard, avec des temps d'attaque de 10, 20 et 50 jours;

la méthode au perhydrol, avec des temps d'attaque de 1, 2 et 3 jours;

le liquide d'attaque étant l'eau de mer artificielle dont la préparation et l'emploi ont également été déterminés par l'Aéronautique.

Les caractéristiques mesurées ont été : les pertes de poids, les efforts et les flèches de rupture à l'emboutissage ; enfin, les aspects ont été soigneusement notés.



La figure ci-dessus présente seulement les résultats obtenus sur huit des aciers inoxydables concernant la perte de poids.

Les conclusions générales peuvent être résumées comme suit :

Les deux modes d'attaque, très différents, présentés par ces produits métallurgiques, corrosion généralisée d'une part, corrosion locale par

piqûres profondes d'autre part, sont très nettement et séparément mis en vue, le premier par la perte de poids, le second par les caractéristiques mécaniques; c'est ainsi que le fer pur qui présente la corrosion la plus homogène et donne naturellement la plus grande perte de poids, perd moins vite ses caractéristiques mécaniques que la plupart des aciers inoxydables s'attaquant par piqûres profondes.

Cette considération de différence d'attaque étant nettement établie, les trois méthodes activées donnent des variations sensiblement parallèles qui consacrent la valeur de ces procédés expérimentaux; cette conclusion est particulièrement évidente avec les pertes de poids, comme le montre d'ailleurs la figure ci-contre; les résultats sont un peu moins réguliers avec l'essai d'emboutissage, fonction de la profondeur des piqûres et de leur répartition par rapport au lieu d'attaque du poinçon dans l'exécution de l'essai.

L'essai au perhydrol donne un peu moins de sensibilité, mais il présente l'avantage d'une très grande rapidité; l'essai par immersions et émersions alternées est le plus régulier et s'accommode mieux des mesures de pertes de poids; l'essai au brouillard met spécialement en évidence les variations d'ordre mécanique dues aux piqûres. Enfin, dans l'essai d'emboutissage, la détermination des efforts de rupture est nettement plus intéressante que celle des flèches.

La conclusion finale est que *l'ensemble* des résultats obtenus par ces différentes méthodes et procédés de mesure permet de se rendre compte du degré de résistance de ces aciers à la corrosion.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Élimination de l'ion phosphorique à l'état de phosphate triplombique dans l'analyse des sels par voie humide.* Note de MM. **J. Bougault** et **E. Cattelain**, présentée par M. A. Béhal.

En raison des relations atomiques très voisines du plomb (n° 82) et du bismuth (n° 83), et notamment de l'insolubilité connue du phosphate de bismuth dans l'acide azotique dilué, nous avons poursuivi des recherches qui nous ont permis de mettre au point une technique permettant l'élimination de l'ion phosphorique à l'état du phosphate de plomb, en présence du manganèse, du magnésium et des métaux alcalino-terreux, c'est-à-dire des éléments dont les phosphates sont insolubles en milieu neutre.

Principe. — L'ion phosphorique est intégralement précipité à l'état de

phosphate de plomb par addition, en liqueur acétique, d'une solution d'acétate neutre de plomb.

Mode opératoire. — La solution, débarrassée des métaux précipitables par l'hydrogène sulfuré en milieu chlorhydrique, est additionnée, goutte à goutte, d'abord d'ammoniaque jusqu'à formation d'un précipité qui ne disparaît plus par agitation, puis d'acide chlorhydrique en quantité strictement suffisante pour dissoudre le précipité. On ajoute un grand excès d'acide acétique, puis un léger excès d'une solution d'acétate neutre de plomb; le précipité, constitué par un mélange de phosphate, de chlorure, et éventuellement de bromure, d'iodure et de sulfate de plomb, est séparé par filtration. On s'assure que le filtrat ne précipite plus par addition de quelques gouttes de la solution d'acétate neutre de plomb, puis on revient à une acidité forte par addition d'acide chlorhydrique jusqu'à virage au vert du violet de méthyle. On sépare par filtration le précipité de chlorure de plomb qui s'est formé, on porte le filtrat à l'ébullition et l'on fait passer dans la liqueur chaude un courant d'hydrogène sulfuré. Lorsque la précipitation semble complète, on dilue la solution par addition d'eau distillée chaude et l'on fait passer à nouveau jusqu'à saturation le courant d'hydrogène sulfuré. On sépare le précipité de sulfure de plomb par filtration et l'on porte le filtrat à l'ébullition que l'on maintient jusqu'à disparition de toute trace d'hydrogène sulfuré. On ajoute alors à la solution quelques gouttes d'acide azotique, on porte à l'ébullition pendant quelques minutes pour peroxyder le fer, puis on additionne la liqueur chaude d'un grand excès d'ammoniaque (on se trouve en même temps en présence d'un grand excès de chlorure d'ammonium puisque la solution a dû être additionnée antérieurement de beaucoup d'acide chlorhydrique) : le fer, le chrome et l'aluminium précipitent intégralement à l'état d'hydroxydes. On recueille ces derniers par filtration et l'on effectue la séparation des autres cations suivant la technique habituelle, c'est-à-dire celle du zinc, du manganèse, du nickel et du cobalt par addition de sulfure d'ammonium, puis, dans le filtrat séparé des sulfures, celle des métaux alcalino-terreux par addition de carbonate d'ammonium. La séparation du magnésium et des métaux alcalins ne subit de même aucune modification.

Avantages de la méthode. — Les deux méthodes actuellement utilisées dans les laboratoires d'analyse pour éliminer l'ion phosphorique en présence du manganèse, du magnésium et des métaux alcalino-terreux présentent des inconvénients non négligeables :

1° *Méthode à l'acétate ferrique.* — *a*. Difficulté d'introduire des quantités

convenables de chlorure ferrique et d'acétate d'ammonium pour obtenir, après ébullition et filtration, un liquide incolore; *b*. formation d'un précipité volumineux qui oblige à diluer fortement la solution saline; *c*. redissolution fréquente, pendant la filtration, par carbonatation, de petites quantités de fer.

2° *Méthode à l'étain*. — *a*. Nécessité d'opérer en milieu rigoureusement azotique et en l'absence d'acide chlorhydrique afin d'éviter la dissolution du complexe phosphostannique et, par suite, obligation de transformer les chlorures en azotates; *b*. impuretés introduites fréquemment par l'étain (plomb, cuivre); *c*. nécessité d'un repos prolongé (environ 12 heures) avant de pouvoir effectuer la filtration; *d*. adsorption par le précipité d'une grande quantité de cations appartenant aux autres groupes.

La méthode à l'acétate de plomb, simple, rapide et précise, ne présente aucun de ces inconvénients.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les phtalone-imides et leurs dérivés* Note de MM. **André Meyer** et **Robert Vittenet**, présentée par M. A. Desgrez.

Nous avons obtenu les *phtalone-imides* par hydrolyse des *azométhines*, dont nous avons fait connaître récemment la préparation et les propriétés (*Comptes rendus*, 193, 1931, p. 531) :

$$C_6H_4\left\langle\begin{matrix} C{=}N{-}R' \\ \quad CO \\ \quad N{-}R \\ CO \end{matrix}\right. + H^2O \rightarrow C_6H_4\left\langle\begin{matrix} CO \\ \quad CO \\ \quad N{-}R \\ CO \end{matrix}\right. + R'{-}NH^2.$$

L'azométhine étant en suspension dans l'acide chlorhydrique au 1/2, on chauffe au bain-marie jusqu'à complète décoloration. La phtalone-imide formée reste insoluble en majeure partie, et l'on extrait le reste à l'éther. On la purifie par recristallisation. En partant des azométhines dérivant de la nitrosoantipyrine, on obtient de meilleurs rendements.

Phtalone-imide :

$$C^9H^5O^3N \quad \text{ou} \quad C^6H^4\left\langle\begin{matrix} CO-CO \\ \qquad | \\ CO-NH \end{matrix}\right.$$

Ce composé a été isolé par Gabriel et Colman, dans l'oxydation nitrique

du *carbindigo* (*D. chem. Ges*., 33, 1900, p. 996; 35, 1902, p. 2422). Après plusieurs cristallisations dans l'alcool elle se présente en aiguilles jaune clair, F. 228-229° (Gabriel et Colman indiquent 220 et 224°).

Phtalone-phénylimide :

$$C^{15}H^{9}O^{3}N \quad \text{ou} \quad C^{6}H^{4}\begin{cases} CO - CO \\ \qquad\quad | \\ CO - N - C^{6}H^{5} \end{cases}$$

moins soluble dans l'eau que la précédente. Aiguilles jaunes, F. à 220-221°. Elle a été mentionnée par Cornillot (*Thèse*, Paris, 1927, p. 150, et *Ann. de Chimie*, 10e série, 8, p. 171).

Phtalone-p-tolylimide :

$$C^{16}H^{11}O^{3}N \quad \text{ou} \quad C^{6}H^{4}\begin{cases} CO - CO \\ \qquad\quad | \\ CO - N - C^{6}H^{4} - CH^{3} \end{cases}$$

Fins cristaux jaune très clair, F. 238°.

Phtalone-α-naphtylimide :

$$C^{19}H^{11}O^{3}N \quad \text{ou} \quad C^{6}H^{4}\begin{cases} CO - CO \\ \qquad\quad | \\ CO - N - C^{10}H^{7}\ (\alpha) \end{cases}$$

Fines aiguilles jaune d'or feutrées, F. 239-240°.

Phtalone-β-naphtylimide :

$$C^{19}H^{11}O^{3}N \quad \text{ou} \quad C^{6}H^{4}\begin{cases} CO - CO \\ \qquad\quad | \\ CO - N - C^{10}H^{7}\ (\beta) \end{cases}$$

cristallise de l'acide acétique en petits cristaux jaunes, moins solubles que les composés précédents dans les solvants organiques, F. 268-269°.

Ces phtalone-imides sont solubles dans les alcalis, dans l'acétone et le chloroforme, peu solubles dans le benzène, solubles à chaud dans l'alcool et l'acide acétique. Elles donnent des colorations intenses, bleues ou rouge-violettes, avec la benzine chargée de thiophène, en présence d'acide sulfurique concentrée. Elles se comportent ainsi comme les isatines.

Nous avons préparé des dérivés caractéristiques de ces cétones, par l'action de la *phénylhydrazine*, de la *méthylphénylhydrazine*, de l'*hydroxylamine* et de la *semi-carbazide*.

Action de la phénylhydrazine. — La phénylhydrazine, en milieu acétique, donne avec les cétones décrites ci-dessus des *phénylhydrazones*, peu solubles à froid dans l'alcool et dans l'acide acétique, facilement solubles dans l'acétone et le chloroforme. Ces phénylhydrazones sont *identiques aux azoïques*, obtenus avec les homophtalimides correspondantes, par copulation avec le chlorure de phényldiazonium.

Elles sont *insolubles dans les alcalis*, à l'exception de la phénylhydrazone de la phtalone-imide (*benzène-azo-homophtalimide*). Cette particularité démontre que la *solubilité dans les alcalis* des azoïques de l'homophtalimide est due à l'*atome d'hydrogène fixé à l'azote* du *noyau hétérocyclique*. Il en résulte que la constitution hydrazonique doit être adoptée pour ces colorants de préférence à la constitution azoïque.

Phtalone-imide-phénylhydrazone, $C^{15}H^{11}O^2N^3$, fines aiguilles orangées feutrées, F. 269-262°.

Phtalone-N-*phénylimide-phénylhydrazone*, $C^{21}H^{15}O^2N^3$, fines aiguilles jaune vif, F. 246-247°, soluble en rouge grenat dans SO^4H^2 concentré.

Phtalone-N-*p-tolylimide-phénylhydrazone*, $C^{22}H^{17}O^2N^3$, fins cristaux jaune orangé, F. 258-259°, solubles en rouge dans SO^4H^2.

Phtalone-N-*α-naphtylimide-phénylhydrazone*, $C^{25}H^{17}O^2N^3$, fines aiguilles jaune orangé, F. 283-284°, solubles en rouge foncé dans SO^4H^2.

Phtalone-N-*β-naphtylimide-phénylhydrazone*, $C^{25}H^{17}O^2N^3$, fines aiguilles jaune orangé, F. 262-263°, solubles en rouge foncé dans SO^4H^2.

Action de la méthylphénylhydrazine asymétrique. — Les phtalones-imides donnent en milieu acétique, en présence d'acétate de sodium, des *méthylphénylhydrazones*, fortement colorées en *rouge*, mais plus sensibles à la chaleur que les phénylhydrazones. Elles sont insolubles dans les alcalis, à l'exception de celle dérivant de la *phtalone-imide*, ce qui confirme l'hypothèse d'une constitution hydrazonique à attribuer aux azoïques de l'homophtalimide.

Phtalone-imide-méthylphénylhydrazone, $C^{16}H^{13}O^2N^3$, cristaux rouges, F. 242°,5, solubles en orangé dans les alcalis, peu solubles dans l'alcool, facilement solubles dans l'acide acétique.

Phtalone-N-*phénylimide-méthylphénylhydrazone*, $C^{22}H^{17}O^2N^3$, fines aiguilles rouges, F. 204°, insolubles dans les alcalis.

Phtalone-N-*p-tolylimide-méthylphénylhydrazone*, $C^{23}H^{19}O^2N^3$, fins cristaux rouges, F. 199°.

Phtalone-N-*α-naphtylimide-méthylphénylhydrazone*, $C^{26}H^{19}O^2N^3$, fines aiguilles orangé rouge, F. 212°.

Phtalone-N-*β-naphtylimide-méthylphénylhydrazone*, $C^{26}H^{19}O^2N^3$, aiguilles feutrées, orangé rouge, F. 199-200°.

Action de l'hydroxylamine. — *Phtalone-imide-oxime*, $C^9H^6O^3N^2$. Se forme avec un faible rendement; fines aiguilles blanc nacré, F. 242-243°, donnant une coloration rouge au contact des alcalis, puis une solution orangée. Identique avec l'*isonitroso-homophtalimide*, préparé par action de l'acide nitreux sur l'homophtalimide.

Phtalone-N-*phénylimide-oxime*, $C^{15}H^{10}O^3N^2$, fines lamelles blanches, feutrées, F. 224-236°, se colorant en rouge au contact des alcalis et donnant une solution *incolore*.

Phtalone-N-*p-tolylimide-oxime*, $C^{16}H^{12}O^3N^2$, aiguilles blanches, F. 241-243°; ces deux corps s'obtiennent aussi par nitrosation des homophtalimides correspondantes. Nous n'avons pu préparer les oximes des phtalones-N-naphtylimides, ni les isonitrosés correspondants.

Action de la semi-carbazide. — Il n'a été possible d'isoler que les *semi-carbazones* de la *phtalone-phénylimide* et de la *phtalone-p-tolylimide*. La première, $C^{16}H^{12}O^3N^4$, forme des aiguilles blanches, F. 230-231°, la seconde, $C^{17}H^{14}O^3N^4$, des aiguilles blanches, F. 236-237°.

GÉOLOGIE. — *Sur les conditions de l'orogenèse et du métamorphisme hercynien dans la bordure méridionale du massif de Rodez.* Note de M. **André Demay**, présentée par M. de Launay.

J'ai signalé (1) que les schistes ardoisiers et sériciteux du complexe isoclinal des Cévennes méridionales et du Rouergue passent insensiblement sur le bord méridional du massif de Rodez à des micaschistes, à des gneiss feuilletés, à des gneiss œillés et granitoïdes, et j'ai noté en outre la persistance de l'allure isoclinale et du déversement vers le Sud jusqu'à une zone gneissique redressée, où apparaissent des pendages sud. L'étude des relations de l'ensemble isoclinal des schistes sériciteux et des gneiss et granites du massif de Rodez (feuilles d'Albi et de Saint-Affrique) permet de formuler des conclusions qui intéressent non seulement la structure de la zone de passage et la signification du massif de Rodez, mais les conditions du métamorphisme et de l'orogenèse dans les parties profondes d'un géosynclinal au niveau des gneiss compacts et du granite. En effet, le massif gneissique correspond sans doute à une montée axiale, puisqu'on ne le retrouve pas vers l'Est au delà du Larzac et qu'il semble enveloppé de tous côtés par des schistes sériciteux ou par des micaschistes. Comme les schistes présentent à l'Est du massif, en direction axiale, leur structure isoclinale habituelle avec déversement vers le Sud, il nous révèle ce qui doit exister d'une manière assez générale en profondeur dans tout le domaine isoclinal.

Si l'on essaye de définir d'abord les conditions du métamorphisme dans

(1) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 944.

cette zone, on constate que les gneiss du bord sud du massif de Rodez, liés par passage insensible, comme il a été dit plus haut, aux micaschistes, aux schistes séricileux et aux schistes non métamorphiques, passent eux-mêmes au granite qui présente deux faciès différents et a joué dans l'orogenèse un rôle tout différent de celui des granites post-tectoniques des Cévennes méridionales. Les gneiss œillés à gros feldspaths de cette série, malgré leur passage insensible au granite porphyroïde, ne sont pas des orthogneiss dynamiques produits par le laminage du granite [1]. Ils ont pris naissance directement à l'état gneissique, en même temps que lui, probablement par action des fumerolles du métamorphisme régional sur une matière trop visqueuse pour que son orientation initiale ait disparu ou pour transmettre les pressions dans tous les sens. Avant les mouvements orogéniques essentiels, la succession des divers termes cristallins et cristallophylliens semble avoir été la suivante : dans les parties profondes, granite à grain moyen analogue au granite normal des Cévennes septentrionales, riché en biotite, souvent gneissique et passant aux gneiss, mais contenant aussi des gneiss et amphibolites qui n'ont pas dépassé le stade méso-métamorphique, puis au-dessus de cet ensemble relativement magnésien, une zone alcaline de concentration des fumerolles, où se sont formés de bas en haut du granite porphyroïde et des gneiss œillés à gros feldspaths, enfin plus haut encore, après une zone intermédiaire souvent peu épaisse de gneiss œillé à petits feldspaths, de gneiss feuilletés et de micaschistes, les schistes séricileux. On retrouve ici une succession analogue à celle des Cévennes septentrionales avec des variations, en particulier la puissance réduite de la zone intermédiaire et la prépondérance de schistes séricileux et non plus de micaschistes largement cristallisés, qui accusent un métamorphisme régional de moindre profondeur. Ainsi se trouve confirmée l'idée que le cristallophyllien des Cévennes septentrionales a pris naissance dans les parties les plus profondes du géosynclinal hercynien. J'avais indiqué que vers le Nord dans le Lyonnais, les conditions sont déjà de moindre profondeur. Il en est de même vers le Sud dans les Cévennes méridionales et dans le Rouergue.

Au point de vue tectonique, l'examen du dessin en plan après rectification des contours et l'étude détaillée de coupes parallèles montrent clairement qu'il y a ennoyage de tous les plis vers l'Est. Ainsi s'expliquent la

(1) Cette conclusion n'exclut pas la possibilité d'une genèse différente dans d'autres cas. C'est ainsi qu'un granite ou une pegmatite laminés prennent parfois un faciès de gneiss œillé (A. Lacroix, *Minéralogie de Madagascar*, 2, p. 442).

terminaison en échardes des noyaux synclinaux de schistes sériciteux vers l'Ouest et, en sens inverse, la disparition des noyaux anticlinaux de gneiss et de granite vers l'Est. La montée axiale que la disposition du massif suggère *a priori* est donc confirmée ici de manière précise.

Une fois ce point acquis, l'ennoyage vers l'Est d'un noyau anticlinal de gneiss œillés et de granite déversé vers le Sud, qui affleure entre le Truel et la Monteillerie au nord du Tarn, apporte la preuve que les schistes sériciteux à plongée Nord qui le remplacent axialement ne constituent pas une série monoclinale, mais une série repliée isoclinalement et déversée vers le Sud et confirme de manière concrète la conclusion identique formulée pour l'ensemble des schistes sériciteux à plongée Nord.

Le phénomène de montée axiale permet de constater en outre que l'allure isoclinale disparaît dans les racines des plis. Ceux-ci s'enracinent à peu près verticalement ou même en sens inverse de l'allure des parties hautes qui se déversent ou se couchent vers le Sud. *L'opposition des couches supérieures souples et des parties inférieures rigides d'un seul cycle de métamorphisme et d'orogenèse commande donc une structure analogue à celle qui résulte de l'existence d'un matériel neuf sur un fond rigide plus ancien.*

En résumé, sur le bord sud du massif de Rodez, le métamorphisme régional, la formation du granite et l'orogenèse appartiennent à un seul cycle. Le passage du granite aux gneiss, de ceux-ci à des schistes sériciteux et ardoisiers et la continuité de l'ensemble des schistes jusqu'au paléozoïque fossilifère du versant septentrional de la Montagne Noire prouvent que tous ces phénomènes appartiennent au cycle hercynien. Les mouvements essentiels sont postérieurs à la formation des gneiss et du granite. Enfin l'affleurement du massif de Rodez résulte d'une montée axiale qui met au jour, au-dessous des plis isoclinaux déversés vers le Sud, leurs racines verticales ou déversées en sens inverse et insérées dans les parties profondes plus rigides du même cycle de métamorphisme et d'orogenèse.

GÉOLOGIE. — *Les variations de faciès et de puissance de l'Argovien dans la bordure Est du Bassin de Paris.* Note (¹) de M. **Georges Corroy**, présentée par M. Ch. Jacob.

Les quelques coupes stratigraphiques de l'Argovien de Lorraine qu'on peut extraire des Mémoires géologiques datent de l'époque où l'on ne dis-

(¹) Séance du 23 novembre 1931.

tinguait que l'Oxfordien et l'ancien Corallien. Seul M. Hoffet a étudié l'Argovien de la Meuse, montrant surtout qu'à Creue ([1]) la sédimentation vaseuse (calcaires blancs très fins), établie à l'Argovien, s'est poursuivie au Rauracien. Puis, dans un Synchronisme des horizons jurassiques de l'Est du Bassin de Paris, j'ai indiqué en quelques ligues ([2]) quel était le synchronisme des faciès du Lusitanien inférieur (= Zone à *P. transversarium* de Haug).

Des travaux de recherche d'eau à la base des calcaires lusitaniens m'ont permis de compléter les résultats des observations en surface de l'Argovien-Rauracien par les données de récents sondages, effectués au travers des mêmes sédiments à une dizaine de kilomètres de leurs affleurements.

Il est dès maintenant possible de fixer les grands traits de l'Argovien de la bordure Est du Bassin de Paris.

Quand on examine successivement du Nord au Sud le croissant dessiné en plan par les affleurements argoviens de la Meuse à l'Yonne, on est frappé de la très grande variation des faciès.

En effet, aux calcaires blancs de Verdun-Creue fait suite vers le Sud un massif d'entroques (Chaillon), qui passe insensiblement aux récifs à Polypiers branchus des bords de la Meuse (Saint-Mihiel). Aux exploitations de Lérouville et d'Euville, les entroques réapparaissent, ces deux gisements étant séparés par un important massif de Polypiers (Commercy). Sur le même méridien, vers l'Est, l'Argovien revêt le faciès « glypticien » : il est constitué par des marnocalcaires grumeleux à Échinides et Polypiers isolés (Sorcy; Pagny-sur-Meuse); vers l'Ouest, les entroques n'existent plus, et l'on passe à des calcaires blancs à grains fins, avec encore quelques Polypiers (Vadonville), puis sans coraux (Sampigny).

De Toul à Neufchâteau, les côtes oxfordiennes sont couronnées régulièrement par des calcaires marneux et des récifs.

Vers Saint-Blin, on retrouve le Glypticien surmonté encore par des Polypiers branchus (Reynel, Rochefort); mais ceux-ci ne dépassent pas Bologne (10^{km} au Nord de Chaumont).

Au Sud de la Haute-Marne, l'Argovien est entièrement constitué par des marno-calcaires compacts (Annéville) et des calcaires crayeux (Côte d'Alun). Dans le Châtillonnais, la base est marneuse avec Spongiaires, la partie supérieure est très calcaire (Calcaire hydraulique de Mont).

([1]) *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1929.

([2]) *Bull. Soc. Géol. France*, 4e série, 27, 1927, p. 108.

Des sondages situés à 15-20^{km} à l'Ouest de ces affleurements, entre Neufchâteau et Bologne, viennent de montrer qu'en profondeur, sous le Séquanien-Rauracien, ces faciès n'étaient pas continus. C'est ainsi qu'à Leurville et Doulaincourt, où tout permettait de prévoir des faciès zoogènes, l'Argovien non récifal est entièrement composé de calcaires très fins rappelant le faciès vaseux de la Meuse.

Quant à la puissance des sédiments, elle est également très variable. De 60^{m} à Saint-Mihiel, 30-40^{m} à Lérouville-Sorcy, elle n'est plus que de 15-20^{m} à Pagny-sur-Meuse-Toul. Aux environs de Neufchâteau et jusqu'à Rochefort, elle se maintient à 20-25^{m}; puis ces chiffres augmentent rapidement, et elle oscille entre 50-60^{m} jusque dans le Châtillonnais.

Les sondages ont encore montré que cette puissance n'était pas constante vers l'intérieur du Bassin de Paris. Non loin des affleurements où il mesure 20-25^{m}, l'Argovien s'est révélé de même puissance en un point (près de Chermisey, à l'Ouest de Domrémy); mais un peu plus au Sud, les coupes ont accusé 68^{m} (Leurville) et 75^{m} (Doulaincourt).

GÉOLOGIE. — *Sur la présence d'une flore fossile tertiaire dans l'archipel de Kerguelen.* Note de M. E. **Aubert de La Rüe**, présentée par M. Ch. Jacob.

J'ai pu reconnaître récemment dans l'archipel de Kerguelen, près de Port-Jeanne d'Arc, des dépôts détritiques appartenant à une formation sédimentaire continentale, locale, puisque ces îles paraissent de nature exclusivement éruptive et volcanique. Cette formation, qui apparaît un peu au nord du Dôme Rouge, se poursuit sur plusieurs kilomètres le long de la côte septentrionale de la péninsule Joffre, jusqu'à la vallée des Neiges; elle renferme une flore fossile assez riche et relativement bien conservée. Il s'agit de dépôts horizontaux, interstratifiés entre des basaltes tabulaires, affleurant depuis le niveau de la mer jusqu'à la cote 180. Ces dépôts, d'origine fluvio-lacustre, montrent souvent une stratification torrentielle entrecroisée; ils sont formés de tufs, de cinérites et de conglomérats à éléments généralement trachytiques, le tout traversé par de nombreux dykes éruptifs.

Des couches de lignite feuilleté sont visibles à différents niveaux, accompagnant des bois fossiles, dont la structure, assez bien conservée, montre qu'il s'agit généralement de restes de Conifères. Les cinérites et les tufs à

sanidine, accompagnant les lignites, sont souvent très riches en débris de végétaux.

M. Depape a bien voulu examiner les plantes que j'ai rapportées et M. Carpentier étudier plus particulièrement les empreintes de Conifères qui sont les plus nombreuses.

Cette flore comprend des Mousses, des Cryptogames vasculaires, des Gymnospermes et des Angiospermes.

Les Mousses, avec des empreintes bien conservées, semblent appartenir à plusieurs types différents.

Les Fougères, assez fragmentaires, se répartissent entre trois formes distinctes, mais l'absence de sporanges permet difficilement de les identifier.

Il est fort possible que de nombreux rameaux souvent bifurqués, couverts de petites feuilles très fines, soient à classer parmi les Lycopodinées; certains d'entre eux rappellent assez *Lycopodium cernuum* L., actuel.

Parmi les Gymnospermes, la présence du genre *Araucaria* est prouvée d'une façon certaine par des écailles, portant chacune une seule graine; ces écailles sont comparables à celles des *Araucaria* actuels du type *A. Rulei* F. Muell., de la Nouvelle-Calédonie. Il est intéressant de noter, dans les mêmes tufs, l'association d'écailles et de graines à des rameaux feuillus rappelant également certains *Araucaria* vivants; des rameaux, à petites feuilles falciformes et décurrentes à la base, se rapprochent de *A. excelsa* R. Br., de l'île Norfolk, et des formes jeunes, de *A. Balansae* Brongn. et Gris, de la Nouvelle-Calédonie. D'autres rameaux, à feuilles plus larges, squamiformes imbriquées, rappellent *A. Rulei*.

On trouve, à côté de ces deux types de rameaux du genre *Araucaria*, un autre type et peut-être même deux, dont les feuilles étroites, uninerviées, disposées en axe spiralé, à base décurrente, sont insérées sur un coussinet. Il s'agit peut-être là d'une Séquoinée ou d'une Abiétacée? Il est toutefois difficile, en l'absence de fructifications, de se prononcer.

Les Monocotylédones sont représentées par différentes empreintes de feuilles étroites et rubanées, à nervation parallèle, appartenant à plusieurs formes, toutes herbacées, voisines des Graminées, des Cypéracées ou des Typhacées.

Les feuilles de Dicotylédones, plus rares, se répartissent, semble-t-il, entre trois formes différentes. Les unes, mal conservées, à nervation pennée, paraissent lobées. D'autres, au limbe coriace et épais, avec une nervure médiane très marquée, ressemblent aux Myrtacées ou aux Ilicacées.

Une empreinte, en très bon état, correspond à une feuille au limbe entier,

arrondi et un peu crénelé vers le sommet allant en s'amincissant vers le pétiole; elle offre quelques ressemblances avec certaines Fagacées.

On ne connaissait jusqu'à présent aux îles Kerguelen que des lignites et des bois fossiles, découverts en 1840 par l'expédition de J. C. Ross, dans quelques fjords du Nord. Certains auteurs, notamment Gœppert, ont attribué ces bois, en l'absence de toute fructification, au genre *Araucaria*. A. C. Seward, ayant repris l'examen de ces anciens échantillons, les décrit sous le terme très général de *Dadoxylon* (*Araucarioxylon*) *kerguelense* (A. C. Seward, *Fossil plants*, 4, 1919, p. 185). Edward pense que la structure de ces bois rappelle celle des *Araucaria* vivants et celle des espèces fossiles de Nouvelle-Zélande et de l'île Seymour; mais il ajoute qu'il est difficile de dire si ces bois fossiles, à caractères d'Araucariées, appartiennent au genre *Araucaria* ou au genre *Agathis*; il conserve donc la désignation de *Dadoxylon* [W. N. Edwards, *Fossil coniferous wood from Kerguelen Islands* (*Annals of Botany*, 35, cxl, 1921, p. 609-617)].

La flore que je viens de découvrir prouve par contre l'existence certaine du genre *Araucaria* dans l'archipel de Kerguelen avec des formes se rapprochant davantage des types actuels de l'île Norfolk et de la Nouvelle-Calédonie que de celles de l'Amérique du Sud.

L'association de Conifères à des plantes monocotylédones et dicotylédones permet d'attribuer avec plus de probabilité qu'auparavant au Tertiaire inférieur les grands épanchements basaltiques formant la masse principale de l'archipel. Cet âge avait d'ailleurs été admis jusqu'à présent, mais d'une façon un peu prématurée, à cause de la seule présence de bois fossiles dehors de tout autre argument paléontologique.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique du flanc Ouest de la montagne du Néron, près de Grenoble.* Note de M. R. Lambert, présentée par M. Charles Jacob.

La base du versant Ouest de la montagne du Néron est accidentée par une ligne de dislocation très importante, reconnue depuis longtemps déjà.

Ch. Lory interprétait cet accident comme une faille plus ou moins inclinée : c'était sa *faille de la Grande-Chartreuse*, dans laquelle il voyait le prolongement, sur la rive droite de l'Isère, de la *faille du Moucherotte*. Puis, à cette notion de faille verticale ou oblique, W. Kilian substitua, dans toute cette zone subalpine, celle de *pli-faille*. Les travaux de J. Breton,

P. Corbin, W. Kilian, F. Blanchet, P. Lory montrèrent que la faille du Moucherotte devait être considérée comme l'affleurement d'une véritable surface de charriage. Les coupes du Néron publiées par W. Kilian et F. Blanchet appliquèrent cette conception à l'interprétation du *pli-faille du Néron*. De fait tous les géologues ont été unanimes pour raccorder, à la suite de Ch. Lory, l'accident du Néron à la faille du Moucherotte, et non point, comme l'a voulu Ch. Pussenot, au pli-faille de Sassenage.

Mais, si la signification tectonique de cet accident de la base du versant Ouest du Néron peut être considérée comme définitivement acquise, en revanche le tracé de détail de cette ligne de discontinuité n'avait pas été jusqu'à présent exactement reconnu : en particulier j'ai été amené à rectifier les cartes et coupes récemment publiées [1].

La longue bande urgonienne qui figure sur la « feuille Grenoble » est en réalité réduite à son extrémité Sud : on a là un petit lambeau d'Urgonien marmorisé, épais d'une dizaine de mètres, la majeure partie de cette bande étant constituée par le Sénonien. Cette même carte, comme celle de J. Nash d'ailleurs, montre un étroit et assez long ruban de Gault. Or cet étage a presque complètement disparu par étirement ; par contre, de nouveaux affleurements étaient restés jusqu'à présent inconnus. L'*Hauterivien supérieur fossilifère* (couches à Spatangues) existe en effet au nord-est du hameau du Muret, où il constitue un bon gisement de *Toxaster retusus* Lmk. Et, plus au Nord, une *lame anticlinale à noyau urgonien*, avec Gault laminé sur l'un des flancs, surgit au milieu des calcaires maestrichtiens au Nord-Est de La Monta.

Les cartes et coupes actuellement publiées, sauf celle de M. Gignoux et L. Moret [2], figurent assez généralement la ligne de dislocation entre Sénonien et Mollasse miocène. Or, dans les chaînes subalpines, ces deux terrains entrent normalement en contact ; d'autre part, au lieu d'une surface de discontinuité amenant régulièrement deux étages à chevaucher l'un sur l'autre, on observe *sous* les calcaires du Valanginien supérieur (niveau

---

(1) J. Nash, *De Geologie der Grande Chartreuseketens*, Delft, 1926, pl. III, Carte au $\frac{1}{50000}$. — Feuille de Grenoble de la Carte géologique de la France au $\frac{1}{80000}$, 3e édition 1927 ; W. Kilian et F. Blanchet, *Une coupe transversale des chaînes subalpines sur la rive droite de l'Isère* (*Annales de l'Université de Grenoble*, nouvelle série, 1, 1924, p. 138).

(2) M. Gignoux et L. Moret, *Itinéraire géologique à travers les Alpes françaises*, Chambéry, 1930, pl. II, fig. 3.

du Fontanil), en série renversée et fortement laminée, des couches de plus en plus récentes du Sud au Nord.

Ainsi le pli-faille du Néron amène en contact anormal, sous le Valanginien supérieur du flanc normal de l'anticlinal déversé, les terrains successifs du flanc inverse du synclinal de la Monta : couches hauteriviennes à Spatangues, calcaires urgoniens, lumachelle du Gault, et, le plus fréquemment, calcaires sénoniens.

D'ailleurs une étude en cours de publication dans les *Travaux du Laboratoire de Géologie de l'Université de Grenoble* (avec carte au $\frac{1}{20000}$, coupes et stéréogramme) précisera avec plus de détails le tracé de cette importante surface de discontinuité.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Les bandes d'émission de l'aurore polaire dans le spectre du ciel nocturne.* Note de M. J. **Dufay**, présentée par M. Ch. Fabry.

1. Les recherches de Lord Rayleigh et les miennes ont montré que la lumière du ciel nocturne donnait un spectre continu, analogue au spectre solaire [1]. La raie verte de l'oxygène, toujours présente, ne paraissait pas habituellement accompagnée des bandes de l'azote, qui caractérisent le spectre des aurores solaires proprement dites [2].

Depuis, Sommer a obtenu à Göttingen le spectre complet des aurores polaires [3]. Mais ses observations n'établissaient pas la présence permanente des bandes de l'azote dans le spectre des nuits ordinaires. Sur 48 clichés en effet, deux seulement montraient les bandes et huit la raie verte. Les autres n'avaient pas été impressionnés. Il paraît d'ailleurs bien difficile d'obtenir un spectre en temps normal avec des poses aussi courtes (8 heures) et un instrument aussi peu lumineux (objectif ouvert à $f/5$). Sommer avait rencontré sans doute deux nuits exceptionnelles [4].

---

(1) Lord Rayleigh, *Proceedings of the Royal Society*, série A, **103**, 1923, p. 45; J. Duafay, *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1290. Lord Rayleigh et Slipher ont observé aussi deux raies d'émission d'origine inconnue vers 4450 et 4210 Å.

(2) Lord Rayleigh, *Proceedings of the Royal Society*, série A, **101**, 1922, p. 312.

(3) L. A. Sommer, *Zeitschrift für Physik*, **57**, 1929, p. 582.

(4) Rappelons qu'avec un spectrographe de quartz ouvert à $f/3$ j'ai posé autrefois de 25 à 115 heures et qu'avec un spectrographe de verre ouvert à $f/0,9$, Lord Rayleigh a posé de 50 à 200 heures.

II. J'ai repris l'étude du ciel nocturne à l'Observatoire de Lyon, avec un nouveau spectrographe à deux prismes de flint, muni d'un objectif de 60^{mm} d'ouverture et 90^{mm} de foyer. Trois poses de 22, 85 et 54 heures ont été faites pendant les mois de septembre, octobre et novembre 1931, en visant à l'ouest, à des hauteurs comprises entre 14 et 21°.

Les trois clichés montrent, sur un fond continu, un grand nombre de bandes ou de raies d'émission. Les longueurs d'onde des plus visibles d'entre elles sont données dans la première colonne du tableau suivant. La seconde colonne donne les longueurs d'onde correspondantes déterminées par Sommer, la troisième celles qu'a mesurées Végard en Norvège, pendant des aurores caractérisées [1]. La quatrième colonne est empruntée au tableau relatif à l'aurore polaire dans le traité de spectroscopie de Kayser [2].

(1) Dufay.	(2) Sommer.	(3) Végard.	(4) Kayser.	(1) Dufay.	(2) Sommer.	(3) Végard.	(4) Kayser.
5663 Å [3]	–	–	–	4449	4457	4446	–
5577	5577	5577,2	5577	4422	4422	4426,2	4424
5480?	–	–	–	4382	–	4378,9	4371
4865	4860	4857,4	4866	4268	4270	4266,8	4257
4835	–	–	–	4171	4166	–	–
4707	4709	4708,9	4707	4142	–	–	–
4675	–	–	–	4044	–	–	–
4554	4552	4552,1	4550	3984	3976	–	3986
4500?	–	–	–	3951	3946	–	3947
4479	–	4478,0	4489	3914	3916	3913,7	3918

Toutes ces bandes sont incomparablement plus faibles que la raie 5577 Å et leur longueur d'onde n'a pu être mesurée qu'à quelques Å près. Un certain nombre d'entre elles n'ont pas été observées daus le spectre de l'aurore; inversement, des bandes du spectre de l'aurore manquent sur mes clichés.

Les bandes 4707 et 3914 appartiennent au groupe négatif de l'azote (4708,6 et 3914,4); la bande 4269 est la plus intense du second groupe positif (4269,4), auquel paraît appartenir aussi la bande 4142. Les autres bandes ou raies n'ont pas encore été sûrement identifiées. Végard en a

---

[1] L. VEGARD, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 947.

[2] H. KAYSER, *Handbuch der Spectroscopie* (Leipzig, Hirzel, éditeur).

[3] J'avais déjà observé la bande voisine de 5663 Å sur un cliché obtenu en mars 1931, avec une pose de 19 heures. Elle est aussi visible sur un cliché plus récent posé 8 heures 30 minutes.

attribué quelques-unes au spectre de raies de l'atome d'azote. Ce rapprochement peut être étendu à la plupart des longueurs d'onde nouvelles, mais des mesures plus précises seront nécessaires avant de conclure.

III. Les bandes étaient-elles présentes en permanence durant ces longues poses, ou n'ont-elles apparu que pendant quelques heures avec une intensité beaucoup plus grande? En d'autres termes, a-t-on rencontré une nuit exceptionnelle, avec aurore caractérisée, au cours de chaque pose?

Pour chercher à le savoir, j'ai installé au mois de novembre, à côté du premier spectrographe, un deuxième appareil, moins dispersif mais encore plus lumineux. Une plaque a été exposée chaque nuit dans le second spectrographe tant qu'a duré la longue pose du premier.

Les spectres obtenus avec le deuxième appareil sont trop peu étalés pour qu'on puisse y voir beaucoup de détails, mais, sur tous les clichés, on distingue quelques bandes, les mieux séparées de leurs voisines, comme, par exemple, la bande 3914 Å [1].

Il résulte donc de ces observations que les bandes d'émission sont présentes d'une manière très fréquente actuellement, sinon permanente, dans le spectre du ciel nocturne, à 15 ou 20° de l'horizon.

Elles expliquent sans doute une partie notable de la brillance du ciel et l'intensité relativement grande des radiations bleues et violettes que j'ai signalée il y a quelques années [2].

MÉTÉOROLOGIE. — *Maxima de l'intensité du rayonnement solaire observés à Nice et à Thorenc dans les Alpes-Maritimes.* Note de M. **Ladislas Gorczynski**, présentée par M. Ch. Maurain.

Comme suite à une Communication précédente (*Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1119), nous présentons ici quelques maxima de l'intensité de la radiation résultant d'une série d'observations pyrhéliométriques effectuées à Nice et à Thorenc entre 1928 et 1931.

---

(1) J'ai observé la bande 3914 dans le spectre du ciel nocturne près de l'horizon pendant l'été de 1924. Il m'avait alors paru naturel de l'attribuer à des éclairs lointains, dont le spectre comprend généralement, comme je l'ai montré, les bandes de l'azote (*Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1331). La même explication ne peut être invoquée dans le cas des observations actuelles.

(2) J. Dufay, *Thèses*, Paris, 1928, et *Bulletin de l'Observatoire de Lyon*, 10, 1928, p. 115.

Pour les mesures courantes nous avons utilisé des pyrhéliomètres thermo-électriques du type précédemment décrit (*Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1200). Ces appareils simples furent régulièrement et plusieurs fois par mois comparés avec deux pyrhéliomètres à compensation électrique construits par Rose à Upsala, étalonnés indépendamment et vérifiés au surplus à l'Observatoire de Potsdam. En outre les corrections des milliampèremètres, organes essentiels dans la méthode de compensation électrique, furent à plusieurs reprises contrôlées à Paris, à Trappes et aussi à Lwow (Léopol), en Pologne, grâce à la collaboration du docteur Stenz.

Ces précautions, nécessaires en général, deviennent indispensables quand il s'agit d'établir les valeurs maxima de l'intensité du rayonnement solaire. On trouve ces dernières nettement exagérées dans la plupart des séries anciennes, même dans celles établies par les observateurs les plus qualifiés. Ajoutons enfin que toutes les intensités données ci-après en calories-grammes par centimètre carré et minute ont été uniformément ramenées à l'échelle smithsonienne.

Les mesures de Nice furent effectuées par l'auteur dans son poste privé d'observation, situé sur une terrasse près de la mer (quartier Carras), sauf pendant les mois de juin et de juillet 1931. Durant cette période, M. Giacobini, chef de la Station Météorologique de Nice a bien voulu se charger des mesures pyrhéliométriques avec l'appareil que j'ai mis à sa disposition.

A la Station de Thorenc, située à une altitude de $1^{km},2$, à l'Ouest de Nice, à une distance de 40^{km} environ à vol d'oiseau, c'est mon collaborateur, M. François Ostrowski, qui a rempli les fonctions d'observateur pendant sept mois, de décembre 1930 à juin 1931. Les appareils de Thorenc provenant de mon poste d'observation de Nice furent à plusieurs reprises comparés avec les pyrhéliomètres de contrôle mentionnés plus haut.

Le tableau contient les maxima mensuels de l'intensité calories-grammes par minute et centimètre carré de la surface exposée normalement aux rayons solaires, observées pendant près de 3 ans à Nice et pendant 7 mois à Thorenc. A titre de comparaison nous donnons dans le tableau les maxima à Paris établis par M. C.-E. Brazier dans les « Résumés mensuels des observations » faites à l'Observatoire du Parc-Saint-Maur, dépendant de l'Institut de Physique du Globe de l'Université de Paris.

Il ressort de ces comparaisons qu'aussi bien Nice que Paris accusent deux maxima dans la marche annuelle de l'intensité du rayonnement solaire, le premier se présentant au printemps (mars-mai), le second en

automne (en septembre surtout). Le maximum annuel est plus fort à Nice qu'à Paris, mais c'est la station d'altitude de Thorenc qui l'emporte naturellement ($1^{cal},62$ contre $1^{cal},49$ à Nice et $1^{cal},43$ à Paris).

TABLEAU.

Maxima mensuels de l'intensité du rayonnement solaire en calories-grammes par minute et centimètre carré observés à Nice (lat. 43°7′ N, long. 7°3′ EG) *et à Thorenc* (lat. 43°8′ N, long. 6°7′ EG, alt. $1^{km},2$) *dans les Alpes-Maritimes.*

	Nice.				Thorenc.		Nice.	Paris.
	1928.	1929.	1930.	1931.	1930.	1931.	1928-1931.	1924-1931.
Janvier.....	–	1,41	1,32	1,35	–	1,55	1,41	1,21
Février.....	–	1,43	1,37	1,44	–	1,56	1,44	1,29
Mars.......	–	1,37	1,46	1,48	–	1,60	1,48	1,41
Avril.......	–	1,47	1,46	1,47	–	**1,62**	1,47	**1,43**
Mai.......	–	1,41	1,49	1,40	–	1,49	**1,49**	1,42
Juin.......	–	1,37	1,32	1,43	–	1,52	1,43	1,41
Juillet.....	–	1,45	1,29	1,45	–	–	1,45	1,37
Août.......	–	1,36	1,28	–	–	–	1,36	1,37
Septembre.	–	1,34	1,46	1,45	–	–	**1,46**	**1,38**
Octobre....	–	1,39	1,44	–	–	–	1,39	1,30
Novembre..	–	1,37	1,41	–	–	–	1,41	1,23
Décembre..	1,43	1,37	1,40	–	1,51	–	1,40	1,18
Année....		1,47	1,49	1,48		1,62	1,49	1,43

La différence des maxima pour Nice et Paris est surtout accusée en hiver, comme le montrent les différences des maxima mensuels (Nice-Paris) pour chacune des quatre saisons :

Hiver = $0^{cal},34$; Printemps = $0^{cal},10$; Été = $0^{cal},06$; Automne = $0^{cal},20$.

HYDROLOGIE. — *Du rôle de la condensation de la vapeur d'eau dans l'alimentation des sources.* Note de M. **Octave Mengel**, présentée par M. Ch. Maurain.

D'expériences, sur surfaces relativement restreintes, M. Diénert (¹) conclut, d'accord avec la plupart des hydrologues français, que la pluie seule assure l'alimentation des nappes souterraines, et dénie toute valeur au facteur condensation des vapeurs atmosphériques sur ou dans le sol. Il

(¹) F. Diénert, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1402; 193, 1931, p. 872.

semble cependant que, suivant les régions, les saisons et la nature du sol, les deux facteurs peuvent intervenir et prendre l'un ou l'autre une importance prépondérante. M. Chaptal [1] montre que, dans la région de Montpellier, en dehors de la condensation sous forme rosée, la fixation de la vapeur d'eau atmosphérique est un phénomène général et permanent, et il évalue à 2000^{kg} par jour et par hectare la quantité d'eau absorbée par le sol ou déposée à sa surface.

Les faits suivants, que j'ai observés dans la plaine et la montagne des Pyrénées orientales au cours d'une trentaine d'années d'exploration, semblent venir à l'appui de l'opinion de l'École de Montpellier.

Dans la plaine, après une longue période de pluie d'été, non seulement la nappe phréatique élève son niveau, mais le débit des nappes artésiennes comprises entre 60 et 200^{m} augmente sensiblement. Par contre s'il s'agit de pluie de courte durée, même abondante, le régime des puits et des sources est peu influencé. Un sol sablonneux, de vigne par exemple, très perméable, asséché sur une profondeur de 1^{m} à $1^{m},50$, ne s'imbibe momentanément, par une pluie de 40^{mm}, que sur 15 à 20^{cm}. De pareilles pluies ne donnent qu'un apport insignifiant à la nappe phréatique. Il est un cas cependant où ces pluies de plaine et de moyenne altitude sont capables de faire descendre la démarcation supérieure du sol sec jusqu'à sa démarcation inférieure avec le sous-sol humidifié, par capillarité, par la nappe phréatique : c'est lorsque la pluie, même peu abondante, se produit après une période de temps marins humides. Dans ce cas le sol se trouve plus voisin de la saturation et plus apte à la pénétration de la pluie. Cette pénétration paraît donc préparée à la fois par une *condensation de la vapeur d'eau dans la partie supérieure du sol* et par une remontée du plan d'humidité de la nappe phréatique grâce à l'arrêt de l'évaporation à la surface du sol : d'où facilité plus grande pour la pluie de descendre en profondeur. La condensation n'est ici qu'un facteur auxiliaire de la pluie.

En montagne, la neige et la pluie paraissent, à première vue, les seuls facteurs d'alimentation des sources des rivières qui en descendent. On y rencontre cependant des venues d'eau au voisinage immédiat des crêtes, là où l'on n'observe aucun bassin de réception proprement dit pouvant justifier la pérennité de ces sources. Le cas est assez fréquent dans les Pyrénées Orientales, au climat plutôt sec, notamment sur les crêtes des Albères, et

---

[1] L. Chaptal, *La rosée et les dépôts aqueux de l'atmosphère* (*Annales de la Science agronomique*, 47, janvier-février 1930, p. 69-77).

dans les massifs de Carlit et de Madrès dont les crêtes séparent les bassins de la Tet et de l'Aude. L'origine de ces eaux et la constanee de leur débit (que les paysans, frappés de ces conditions paradoxales, attribuent à une remontée des eaux par siphonage?) me semblent dues à un phénomène complexe de condensations principalement nocturnes. C'est en effet à l'aplomb du la crête des Albères que se fait la rencontre des vapeurs marines du SSE avec les courants plus froids du NW, d'où condensation sur les rochers, les mousses et les broussailles. Même raison pour les crêtes de Carlet et de Madrès, au droit desquelles se rencontrent les vapeurs remontant la vallée de la Tet et celles, plus froides, provenant des hautes vallées de l'Ariège et de l'Aude. Il est d'autre part remarquable que de pareilles sources ne se trouvent guère qu'au voisinage des crêtes granitiques. Elles sont moins fréquentes dans le gneiss. Je n'en ai pas rencontré dans les crêtes constituées par des schistes ou micaschistes, pas plus que dans les crêtes calcaires.

Le manque de perméabilité des granites compacts et leur grande hygrométricité, cause de leur décomposition bolaire, retiennent les eaux de condensation à faible profondeur dans les produits de décomposition; les diaclases des gneiss et des calcaires, la fissilité des schistes font au contraire descendre profondément l'eau de condensation, qu'on retrouve dans les thalwegs ou sur leurs flancs associée aux eaux de pluie. Toutefois, s'il s'agit d'éboulis à gros éléments d'une roche quelconque, portant une végétation herbeuse et arbustive assez touffue, on a affaire à une association qui constitue un collecteur d'eau de condensation d'autant plus efficace qu'il est plus orienté au Nord, à l'abri de l'évaporation diurne, et c'est là qu'on a le plus bel exemple (Roc de la Calm, 2315^{m}, près de Font Romeu, Pré Padro, 2364^{m}, dans le massif de Carlit, etc.) de *sources de crête*. On retrouve ainsi au naturel les anciens puits aériens de Crimée.

Le phénomène de condensation dont je viens de parler se produit généralement à la façon d'une pseudo-bruine, analogue à celle que l'on rencontre à toute altitude, même en l'absence de brouillard, sous le couvert de la forêt. Au matin s'y ajoute la condensation due au rayonnement et refroidissement nocturne. Celle-ci, très accentuée dans les régions montagneuses, s'observe jusque dans la plaine du Roussillon avec une intensité peu commune en mars et surtout en novembre quand en ces mois la pluie fait défaut. Sur la pelouse de l'Observatoire de Perpignan, on a recueilli au pluviomètre 1^{mm},75 en novembre 1928, 0^{mm},7 en 1929, 1^{mm},0 en 1930 avec dépôt journalier allant jusqu'à 0^{mm},4. Si l'on considère que le pluviomètre

est à $1^m,50$ du sol, on peut en induire l'importance de l'apport occulte par condensation au sol.

En somme, pour ce qui est du midi de la France : en plaine, la condensation des vapeurs atmosphériques ne serait qu'un facteur auxiliaire de la pluie; en montagne, elle est la raison même des *sources de crête* durant la saison sèche; d'autre part elle contribue d'autant plus à la pérennité des *sources de thalweg* que leur émergence est plus haut située.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le* Lepidium sativum *à des latitudes différentes en* 1931. Note de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Molliard.

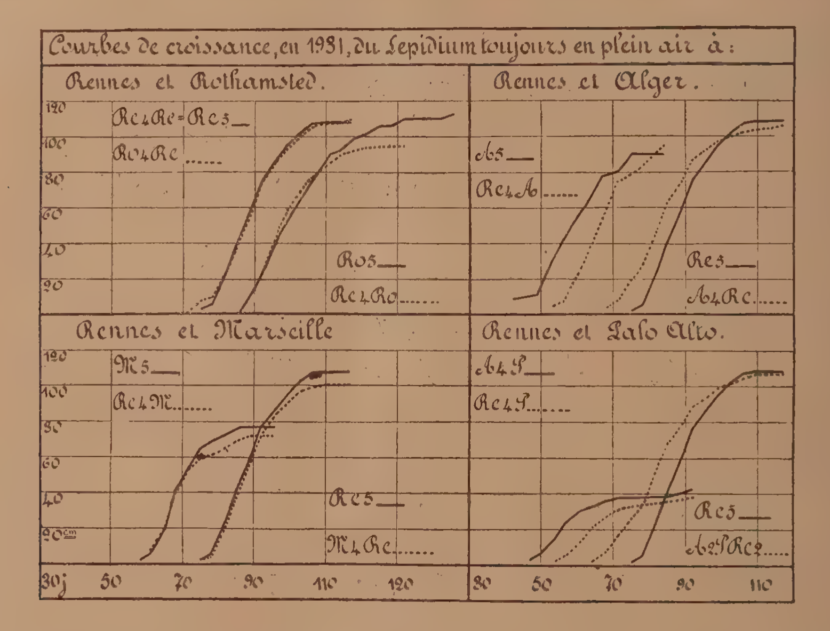
J'ai déjà donné des résultats de mes cultures de 1931, particulièrement en ce qui concerne celles de Rennes [Pierre Lesage, *Suite de recherches sur la précocité après la vie sous châssis et après la vie dans le Midi* (*C. R. Acad. Agric.*, 17 juin 1931)]. Avec les notes que j'ai reçues depuis de MM. Maire, Hall, Jumelle et de Miss Brenchley, je me propose de présenter ici les courbes de croissance du *Lepidium sativum* toujours en plein air aux stations suivantes, dont je donne les noms avec leurs initiales employées dans cette Note, et la latitude approchée : Alger (A, 36°), Palo Alto (P, 37°), Marseille (M, 43°), Rothamsted (Ro, 51°), pour les comparer aux courbes de croissance du même *Lepidium* toujours en plein air à Rennes (Re, 48°).

Ces courbes, représentées dans le tableau ci-après, sont construites en prenant les hauteurs successives des tiges pour ordonnées et pour abscisses les temps comptés en jours à partir du 30e jour après le semis qui a été fait partout le 5 mars excepté à Rothamsted où ce semis n'a pu être fait que le 11 mars. Ce tableau comprend quatre compartiments dans chacun desquels figurent les courbes des cultures de Rennes opposées à celles de l'une des autres stations, cultures issues des mêmes graines récoltées en 1930 à Rennes et à cette station. Dans ce tableau et dans le texte, les stations sont désignées par leurs initiales avec l'indice rappelant le nombre de générations pendant lesquelles la plante a vécu à ces stations, l'ordre de ces initiales indiquant la succession des générations de 1927 à 1931 inclusivement

Avant d'interpréter ces courbes, il faut dire que les conditions de culture n'ont pu être exactement les mêmes aux diverses stations; en dehors du climat et, en particulier, de la température, disons que la composition des sols, les arrosages n'ont certainement pas été les mêmes et, à cause de cela par exemple, les hauteurs de tiges ne peuvent se comparer qu'à la même

station où le sol était le même et les arrosages égaux pour toutes les cultures de cette station. Ce que je désire mettre en relief c'est l'allure générale des courbes et en isoler les principales indications en me servant, en outre, des notes que j'ai prises à Rennes, au cours de la végétation, ou que m'ont envoyées mes collaborateurs.

Tout d'abord on voit que les plantes provenant des mêmes graines se développent plus tôt dans les stations du Midi que dans les stations du Nord.



Ensuite, dans chaque station, les plantes provenant de graines ayant quatre générations à Alger sont précoces par rapport à celles qui ont eu quatre générations à la station considérée comme on peut le voir dans le compartiment Rennes et Alger; mais, en outre, la précocité tend à s'accentuer au fur et à mesure qu'on remonte vers le Nord. Même à Alger, les graines qui ont eu quatre générations à cette station ont donné des plantes A_5 précoces par rapport aux plantes Re_4A qui proviennent de de graines mûries à Rennes, indiquant, par là, qu'elles ont nettement gardé le souvenir de leur vie antérieure à Alger.

On retrouve quelque chose de comparable à Palo Alto.

A Rothamsted, les plantes M_4Ro ont une légère avance sur les plantes Ro_5. Il n'apparaît pas qu'il y ait quelque chose de semblable à Rennes où

une très légère différence, mais en sens contraire, semblerait se manifester entre M_4Re et Re_5 comme cela se voit dans le compartiment Rennes et Marseille.

Dans le compartiment de Rennes et Palo Alto, j'ai opposé la courbe de A_2PRe_2 à la courbe de Re_5 pour faire ressortir une amorce à l'hérédité de la précocité, à Rennes, de plantes ayant vécu dans le Midi (Alger et Palo Alto) pendant trois générations. Pour nous en rendre compte, remontons dans la généalogie de ces plantes : en 1929, c'est A_2P à Palo Alto; en 1930, c'est A_2PRe manifestant un début très net de précocité en première génération à Rennes [1]; en 1931, c'est la culture A_2PRe_2 qui conserve cette précocité [1] en deuxième génération à Rennes et c'est bien là un commencement d'hérédité. Pendant combien de générations cette précocité se conservera-t-elle ? C'est ce que des expériences nouvelles devront nous apprendre.

Il ne faut pas oublier que ces résultats ont été obtenus avec des plantes vivant toujours en plein air, au moins depuis 1910, à ma connaissance.

En ce qui concerne l'hérédité de la précocité en plein air après la vie sous châssis, nous avons constaté que cette hérédité se conserve encore en 1931, donc au moins jusqu'à la dixième génération, aussi bien dans toutes les stations en dehors de Rennes qu'à la station de Rennes.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'extension et la propagation de la maladie de la Rosette de l'Arachide au Sénégal.* Note de M. **Aug. Chevalier**, présentée par M. L. Mangin.

Chargé en 1929 par le Gouvernement général de l'Afrique occidentale et par le Gouvernement du Sénégal d'une mission en vue d'étudier les divers problèmes biologiques concernant la culture de l'Arachide dans l'Ouest africain, nos recherches ont porté principalement sur l'extension de la maladie de la Rosette. Cette affection est, comme l'on sait, une maladie à virus. Observée pour la première fois en Afrique orientale en 1907 par A. Zimmermann, elle ne fut remarquée au Sénégal que dans ces dernières années ; mais au dire des Indigènes, elle y existait depuis longtemps puis-

(1) Pierre Lesage. *Croissance du* Lepidium sativum *cultivé à des latitudes différentes en* 1930 (voir Culture n° 5 des photographies) (*Comptes rendus*, 191, 1930, p. 861).

qu'ils la connaissent sous les deux noms vernaculaires de *Arène bougor* (Arachide mâle) et de *Guerté ngana* (Arachide lépreuse); la première appellation résulte de ce que la plante malade ne produisant pas de fruits est considérée comme mâle, la seconde vient de ce que les extrémités du végétal ayant la Rosette présentent des rameaux courts ressemblant à des moignons et une décoloration partielle des folioles, aspects qui font penser aux mains des indigènes lépreux. Les sujets atteints se reconnaissent par leur port rabougri, dressé en rosette et par leur teinte jaunâtre ou panachée; certains plants atteints de rosette ne sont cependant pas chlorosés; la teinte des folioles est au contraire d'un vert plus foncé. Il n'y a pas ou presque pas de gousses sur les plantes qui sont malades dès le début de la végétation. La Rosette existe dans tout le Sénégal et s'observe sur les diverses variétés d'Arachides. En 1929, j'évaluais à 1 ou 2 pour 100 le nombre des plants malades; en 1930, la Rosette avait pris une grande extension et M. Trochain évaluait à 10 ou 15 pour 100 le nombre des pieds lépreux existant dans le Baol et le Cayor; en 1931, d'après M. Froment, la maladie est bien moins fréquente et n'a débuté que le 8 septembre alors que les gousses étaient déjà formées.

Nous n'avions pu, lors de notre séjour au Sénégal en 1929, faire suffisamment d'observations sur l'origine de la maladie, mais nous avions appelé l'attention du personnel de la Station expérimentele de M'Bambey sur l'intérêt qu'il y aurait à rechercher le ou les insectes auxquels est due la transmission du virus [1].

Tout récemment M. Froment nous faisait parvenir un matériel entomologique que nous avons communiqué à M. Jeannel, qui a soumis les insectes incriminés à divers spécialistes. L'envoi contenait un puceron que M. Bouffil considère comme transmetteur de la Rosette. Plusieurs de ces pucerons trouvés sur un pied malade ont été placés sur un pied sain. Dix jours après l'infection commençait et bientôt le pied présentait tous les symptômes de la Rosette.

M. Mimeur rapporte les pucerons à *Aphis laburni* Kalt. var. et il estime qu'ils se rapprochent beaucoup des formes *genistæ* et *Cistiella*.

On sait que l'*Aphis laburni* a déjà été signalé en 1927 par M. Hargreaves comme le vecteur de la Rosette de l'Arachide dans l'Ouganda (*Annual Report*, Entebbe, 1928, p. 26). On constate ainsi que c'est le même insecte

---

[1] Nous remercions MM. Sagot, Froment, Bouffil, Montcoffe pour leurs communications sur cette question.

qui intervient comme propagateur de la Rosette dans deux régions très éloignées, le Sénégal et l'Ouganda. L'observation de M. Bouffil offre donc un très grand intérêt. Mais là ne se sont pas bornées les remarques de cet observateur. Il a trouvé sur les plants d'Arachides atteints une larve de Coccinelle qu'il a élevée en la nourrissant de pucerons vivant sur l'Arachide qu'elle consomme en quantité. Cette Coccinellide a été reconnue par M. Jeannel comme étant *Cydonia vicina* Muls. Enfin M. Froment nous a fait parvenir des spécimens d'une fourmi que M. Bouffil a observée par groupes sur les Arachides atteintes de Rosette et qui paraît jouer aussi un rôle près des pucerons qu'elle excite au moyen de ses antennes. Cette fourmi a été reconnue par M. Sautcler comme étant le *Crematogaster* (Acrocoelia) *senegalensis* Roger.

Nous avons d'autre part constaté en 1929 que la Rosette est particulièrement abondante sur les *Sakhagayes* (Arachides subspontanées se trouvant dans les jachères) qui sont très précoces. C'est là qu'elle se maintient à l'état permanent, le virus existant aussi probablement sur des légumineuses spontanées qu'il faudra rechercher.

Lorsque les Arachides cultivées entrent en végétation en août l'*Aphis laburni* inocule la maladie des Sakhagayes aux plantes ensemencées. En éliminant les Sakhagayes et en tuant les Arachides atteintes de Rosette avec les pucerons qui vivent sur leurs feuilles, on pourra réduire sans doute beaucoup l'extension de la maladie.

MICROBIOLOGIE. — *Sur la lyse du bacille de la morve et du bacille pyocyanique.* Note de MM. R. **Legroux** et **Kemal Djemil**, présentée par M. E. Roux.

Le bacille de la morve, si hautement pathogène, ne se rencontre pas en dehors des lésions qu'il développe chez les mammifères. L'un de nous, depuis longtemps, a émis l'hypothèse que cette bactérie doit se trouver dans le milieu extérieur sous une forme dénuée de virulence, voisine du bacille pyocyanique sans pigment.

Cette parenté est devenue plus vraisemblable par la découverte d'un bacille pathogène pour l'homme, isolé en Malaisie par Withmore; les bactériologistes anglais ont rapproché les caractères de ce bacille de ceux du bacille de la morve, avec R. Pons (*Annales de l'Institut Pasteur*, 41, p. 1348)

nous avons au contraire rattaché au bacille pyocyanique ce microbe, qui devient le chaînon intermédiaire entre le bacille morveux et le bacille de Gessard. Le rapprochement des caractères biochimiques et pathogènes des trois microbes nous a confirmé, mon collaborateur et moi, dans cette hypothèse.

Aujourd'hui nous apportons des faits nouveaux justifiant le rapprochement de ces bactéries.

Nous avons utilisé les principes autolytiques bactériens qui existent, à notre avis, dans tous les bouillons de culture après une certaine durée de séjour à 37°, l'adjonction à 10^{cm^3} de bouillon nutritif de $0^{cm^3},5$ de glycérine neutre stérilisée nous paraît stabiliser le principe lytique.

L'expérience nous a montré qu'après 12 jours à 37° le principe lytique était décelable; les bouillons sont alors filtrés sur bougies Chamberland L 3, et le filtrat est ajouté à des bouillons neufs ensemencés ensuite avec les souches de collection, indemnes en apparence de principe lytique.

Voici les résultats observés :

Le filtrat de culture de 12 jours du bacille morveux ne contient pas de principe lytique pour le bacille de la morve ou le bacille de Withmore.

Le filtrat de culture de 12 jours du bacille de Withmore contient un principe lytique pour le bacille de la morve, mais non pour le bacille de Withmore.

La culture de bacille morveux additionnée de filtrat du bacille de Withmore, laissée 24 heures à 37° puis filtrée sur bougie contient le principe lytique pour le bacille de Withmore, en même temps qu'elle exalte celui du bacille morveux.

Ce dernier filtrat n'a aucune action sur le déxeloppement d'autres bactéries, bacille du colon, bacille dysentérique Shiga, staphylocoque doré, dont les principes autolytiques sont entretenus régulièrement à l'Institut Pasteur; ces principes n'ont aucune action sur les cultureu du bacille de la morve et du bacille de Withmore.

Une dernière série d'expériences a été pratiquée avec le bacille pyocyanique (races Pe A et M S de Gessard); les cultures liquides filtrées après 15 jours à 37° provoquent la lyse transmissible du bacille morveux, mais ne sont pas actives sur les bacilles pyocyaniques et le bacille de Withmore.

Enfin, pour nous assurer de la spécificité de groupe de cette réaction de bactériolyse, nous avons recherché l'action du filtrat de cultures âgées de bactéries protéolytiques, bacille anthracoïde et bacille protée : les cultures

du bacille de la morve se sont développées régulièrement en présence de ces filtrats.

En résumé, les filtrats de culture en bouillon après 12 à 15 jours à 37° de bacille de Withmore et de bacille pyocyanique ajoutés aux cultures de bacille morveux provoquent la lyse transmissible de ce bacille; les filtrats lytiques d'autres bactéries n'empêchent pas le développement normal du bacille de la morve.

MICROBIOLOGIE. — *Contribution à l'étude de la multiplication microbienne : Influence de la composition des milieux liquides habituellement employés dans les laboratoires, sur la valeur du croît microbien (bacille pyocyanique).* Note de MM. **Jean Régnier** et **Robert David**, présentée par M. A. Desgrez.

Nous avons voulu rechercher si la multiplication microbienne était influencée par la richesse en matières nutritives des différents milieux de culture.

Des milieux liquides étaient préparés de la façon ordinaire, neutralisés à pH 7, et stérilisés. On procédait au dosage des éléments chimiques tenant la plus grande place dans le métabolisme microbien : carbone, azote et phosphore, sous différentes formes, soufre, chlorures. Après ensemencement d'une quantité uniforme de bacilles pyocyaniques (500000 germes visibles par centimètre cube) les cultures étaient placées à 37°.

Les variations du nombre des germes étaient alors déterminées à intervalles réguliers, à l'aide de la méthode de numération par ensemencement sur plaque de bouillon gélosé (1).

Dans le tableau suivant nous donnons, à côté de la richesse en produits nutritifs, exprimée en grammes par litre, le nombre maximum de germes et le moment d'apparition de ce maximum, le commencement et la fin de la phase de multiplication logarithmique, particulièrement représentative de la multiplication microbienne ainsi que le « temps de génération »,

(1) Pour les méthodes de numération et les techniques chimiques, ainsi que pour la préparation des milieux de culture, voir : J. Régnier et S. Lambin, *Bull. Sc. Pharm.*, 34, 1927, p. 401 et 490; R. David, *Thèse Doct. Sc.*, Paris, 1931, et la mise au point détaillée qui sera publiée ailleurs.

Milieux de culture utilisés.	Carbone (méthode de Desgrez).	Azote total (méthode de Kjeldahl).	Azote amino-ammoniacal (Sörensen-Mestrezat).	Azote ammoniacal (Schlœsing-Mestrezat).	Azote aminé (par différence).	Phosphore total (Copaux).	Phosphore des phosphates (méthode à l'urane).	Soufre total (méth. à la benzidine).	Chlorures en NaCl (Charpentier-Volhard).	Nombre maximum des germes (en millions par cm³) moyennes de 4 expériences.	Heure d'apparition de ce maximum.	Commencement et fin de la période logarithmique.	Temps moyen de génération (en minutes) pendant la période logarithmique.
I. Eau peptonée (peptone pancréatique) non salée	4,30 g	1,51 g	0,36 g	0,06 g	0,30 g	0,06 g	0,04 g	0,05 g	0,41 g	3300	38e	2h.30-6h.30	34m
II. Eau pepton. salée..	4,30	1,51	0,36	0,06	0,30	0,06	0,04	0,05	5,55	3466	38	2.30-6.30	35
III. Liquide obtenu par macération de 500g de viande pour 1l d'eau distillée	4,65	1,73	0,32	0,08	0,24	0,48	0,44	0,07	0,70	4372	48	2.30-6.30	38
IV. Liquide obtenu par seconde macération de la viande ayant déjà servi...	1,09	0,49	0,11	0,03	0,08	-	-	-	-	2660	42	3 -5.30	43
V. Bouillon peptoné salé..............	9,59	3,63	0,75	0,15	0,60	0,54	0,50	0,13	6,14	5050	48	2.30-6.30	39
VI. Bouillon Liebig...	12,58	4,08	0,85	0,12	0,73	0,34	0,33	0,15	6,14	4380	30	2 -7 [illegible]	36
VII. Bouillon Martin ..	7,58	3,05	0,58	0,25	0,33	0,43	0,41	0,11	7,96	4946	48	3 -6.30	43

c'est-à-dire le temps moyen nécessaire pour une bipartition, pendant cette période.

1° Si l'on compare la constitution chimique des différents milieux nous voyons que :

a. Le bouillon Liebig est le plus riche en carbone et en azote total. Nous trouvons ensuite le bouillon peptoné salé, le bouillon Martin, puis l'eau peptonée et la première macération de viande. La seconde macération de viande présente des chiffres très inférieurs.

On observe sensiblement le même ordre en tenant compte de l'azote aminé et de l'azote ammoniacal. Remarquons cependant que le bouillon Martin est le plus riche en ammoniaque.

b. La presque totalité du phosphore se trouve à l'état de phosphates. Cet élément est surtout apporté par les macérations de viande.

c. Il y a toujours moins de soufre que de phosphore.

d. Les milieux dans lesquels on a ajouté du sel, dans le but théorique de régler la pression osmotique, présentent finalement des teneurs assez variables en chlorure de sodium.

2° *Si l'on compare la valeur de la multiplication microbienne dans les différents milieux, nous voyons que :*

a. La multiplication microbienne se fait sensiblement sur le même rythme pour tous les milieux.

b. Les nombres maxima de microbes semblent être, à première vue, en relation avec la composition du milieu nutritif. D'un examen approfondi on doit cependant conclure que la valeur du maximum n'est pas du tout proportionnelle à la richesse du milieu de culture. Ainsi le bouillon Liebig, dix fois plus riche en carbone, en azote total et en acides aminés que la seconde macération de viande, produit un nombre de germes qui n'est même pas deux fois plus grand. De même le bouillon peptoné salé, qui renferme à la fois les éléments nutritifs de la première macération de viande et de l'eau peptonée salée, est bien loin de produire, comme nombre de germes, la somme des nombres donnés par ses deux composants.

c. L'addition de chlorure de sodium n'a pas d'influence, comme on le voit en comparant la multiplication microbienne en eau peptonée, salée et non salée.

3° A ces constatations ajoutons les remarques suivantes :

Les bactéries conservent leur vitalité moins longtemps dans les milieux les plus riches en matières protéiques. Ainsi, dans le bouillon Liebig, après 10 jours à l'étuve, le nombre de germes capables de se reproduire sur

bouillon gélosé était extrêmement réduit (24000 par centimètre cube).

Dans les mêmes conditions, la première macération de viande présentait un nombre de germes bien plus grand (233 millions par centimètre cube). Après 164 jours à l'étuve, cette dernière culture donnait encore des repiquages très riches.

Au point de vue pratique, et pour le cas que nous avons étudié, nous pouvons conclure que les milieux de culture les plus simples, et, en particulier, la macération de viande, déjà préconisée par Grimbert, peuvent être préférés aux milieux de préparation plus complexe.

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Recherches sur les centres nerveux de la tortue inoculée de virus rabique*. Note de MM. **Remlinger**, **Manouélian** et **Bailly**, présentée par M. Roux.

Deux d'entre nous ayant étudié l'action du virus rabique chez la tortue marocaine (*Testudo mauritanica*), nous avions constaté que les plus fortes doses de virus inoculées dans le cerveau ne déterminaient chez ce reptile aucun symptôme apparent. Cependant, dès le troisième jour de l'inoculation, l'encéphale se montrait virulent; quelques gouttes d'une émulsion dans l'eau physiologique inoculées dans le cerveau du lapin provoquaient une rage typique. Et cette virulence se maintenait chez *Testudo mauritanica* pendant cent dix jours sans subir le moindre affaiblissement ([1]).

Les expériences suivantes montrent que le virus rabique se conserve bien plus longtemps encore dans l'encéphale de la tortue.

Trois tortues reçoivent dans le cerveau après cloutage une émulsion de virus de la rue :

Tortue **1** est inoculée le 28 juillet 1930 avec la souche M;
Tortue **2** est inoculée le 10 septembre 1930 avec la souche M;
Tortue **3** est inoculée le 10 septembre 1930 avec la souche C.

Ces trois tortues n'ont rien présenté d'anormal jusqu'au 20 février 1931, date à laquelle elles ont été sacrifiées; $0^{cm^3},5$ d'émulsion d'un fragment de l'encéphale de chaque tortue est inoculé dans le cerveau de deux lapins. Tous les lapins inoculés succombent à la rage au bout de 12-14 jours. Le tableau suivant résume ces expériences.

([1]) *Ann. Inst. Pasteur*, 43, novembre 1929, p. 1396-1407.

Numéros de la tortue.	Sacrifiée après	Date d'apparition des premiers symptômes de la rage.	Mort de la rage.
1. Souche M.	207 jours	lapin B.93, 11e jour	14e jour
		lapin B.94, 11e jour	14e jour
2. Souche M.	163 jours	lapin B.90, 11e jour	14e jour
		lapin B.92, 11e jour	14e jour
3. Souche C.	163 jours	lapin B.95, 11e jour	14e jour
		lapin B.96, 9e jour	12e jour

Nous avons pensé qu'il serait intéressant d'étudier le système nerveux central de ces tortues et de rechercher si l'on peut y déceler des corpuscules de Negri et les formations décrites par Manouélian et Viala dans toutes les formes de la rage.

L'étude de la corne d'Ammon, des différentes portions du cerveau, de l'encéphale, particulièrement de la protubérance et du bulbe rachidien, ainsi que de la moelle épinière nous a fourni des résultats des plus démonstratifs. Dans tous ces centres nerveux nous avons constaté la présence des corpuscules de Negri et des formations communes à la rage de la rue et à la rage à virus fixe. Les images fournies par les coupes sont si typiques qu'on ne peut hésiter à porter le diagnostic de rage. Tous ces éléments se trouvent en effet dans les cellules nerveuses. Leurs formes et leurs dimensions sont analogues à celles des éléments que l'on trouve chez les chiens et les lapins enragés [1]. Leur répartition dans les centres nerveux est très variable; rares dans certaines parties, ces corps fourmillent dans d'autres; en particulier dans la corne d'Ammon, la protubérance et le bulbe rachidien. Certaines cellules nerveuses n'en contiennent que des unités, mais il existe des neurones qui en sont littéralement bourrés. Parfois cependant ces corps paraissent extracellulaires. En réalité ils sont inclus dans une petite masse de cytoplasme d'un neurone dont le noyau ne se trouve pas dans la coupe examinée et l'étude des coupes sériées voisines permet de découvrir ce neurone avec son noyau.

A signaler comme lésions des infiltrations périvasculaires, des nodules constitués surtout de lymphocytes, ainsi que d'autres altérations.

---

[1] Pour la technique suivie, voir *Ann. Inst. Pasteur*, 38, mars 1924, p. 258-267. L'étude histologique des centres nerveux des lapins inoculés avec les cerveaux des tortues 1, 2, 3 ne nous a révélé que ce que l'on constate habituellement dans la rage expérimentale du lapin.

Aucune lésion, aucun corpuscule analogue à ceux dont il vient d'être question n'ont été observés dans le système nerveux central de deux *Testudo mauritanica* normales.

Il résulte donc de nos recherches que le virus rabique de la rue inoculé dans le cerveau de *Testudo mauritanica* garde sa virulence pendant au moins six mois. Cette virulence s'accompagne de la présence dans les centres nerveux des corpuscules de Negri et des formations décrites par Manouélian et Viala dans toutes les formes de la rage.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Action curative du bismuth liposoluble dans la syphilis expérimentale inapparente.* Note de MM. **C. Levaditi** et **A. Vaisman**, présentée par M. Roux.

Levaditi, Sanchis-Bayarri et R. Schoen [1] ont montré que le virus syphilitique comporte un cercle évolutif complexe, dont la forme spirochétienne n'est qu'une des phases, l'autre phase étant représentée par des éléments infravisibles et, très probablement, filtrables. Ces éléments assurent la conservation du germe pendant les périodes d'accalmie de la syphilis; on les retrouve dans les ganglions lymphatiques, la rate et le cerveau des animaux contaminés. On sait d'autre part que le bismuth détruit le tréponème au niveau des accidents spécifiques et qu'il stérilise les ganglions lymphatiques. Il agit, par conséquent, non seulement sur la phase spirochétienne du virus, mais encore sur la phase infravisible. Ces données ont été établies par des expériences faites sur des lapins porteurs de chancre à virus Truffi [Levaditi et Lépine [2]]. Or il importait d'étudier l'action virulicide du bismuth chez des animaux dont la syphilis évolue sans chancre (infection inapparente). Tel est le cas de la souris, chez laquelle la maladie ne se traduit que par la virulence des ganglions lymphatiques, de la rate et du cerveau (Kolle et Evers, Schlossberger). Nous avons réalisé des expériences de bismuthothérapie chez cette espèce animale, et nous rapportons les résultats enregistrés.

Technique. — Des souris blanches sont infectées par insertion sous-cutanée de greffons de chancre de lapin (virus Truffi). Certaines, parmi elles, servent de témoin,

---

(1) Levaditi, Sannchis-Bayarri et Schoen, *Ann. Inst. Pasteur*, **42**, 1928, p. 475.
(2) Levaditi et Lépine, *La Presse médicale*, 1931, n° **51**, p. 948.

alors que d'autres sont traitées par le *α-carboxyéthyl-β-méthylnonoate basique de Bi liposoluble* (Bivatol), à la dose de 8^{mg} pour une souris de 25^{g}. L'injection est administrée 8, 20, 40 et 80 jours après l'inoculation. Les animaux sont sacrifiés à des intervalles réguliers et les ganglions lymphatiques, la rate ainsi que le cerveau sont inoculés à des lapins, par voie sous-scrotale.

Résultats :

Ganglion et rate.

Traitement.	Nombre de souris.	Sacrifiées après traitement.	Nombre de lapins inoculés.	Maximum de survie.	Résultats.
8e jour.........	4	11e jour	7	114 jours	négatif
		33e »	5	42 »	»
20e »	4	29e »	6	105 »	»
		49e »	7	183 »	»
40e »	4	20e »	6	183 »	»
		50e »	7	162 »	»
80e »	4	37e »	6	133 »	»
		51e »	4	100 »	»

Les inoculations de cerveau ont fourni des résultats identiques aux précédents.

Souris témoin. — L'examen de la virulence des organes hématopoïétiques des souris témoins (non traitées) a fourni les résultats suivants :

		Résultats positifs.
Deux souris sacrifiées le	11e jour...........	1:2 lapins inoculés
»	27e »	2:4 »
»	83e »	1:3 »
»	110e »	5:7 »

Ces données prouvent que le bismuth liposoluble exerce une action stérilisante non seulement sur la forme spirochétienne du virus syphilitique, mais encore sur la phase infravisible de ce virus, présente dans les organes hématopoïétiques des animaux contaminés. Il agit curativement sur la syphilis inapparente de la souris, peu importe le moment où l'on administre le médicament (de 8 à 80 jours après l'infection).

CONCLUSIONS : *Le bismuth liposoluble* [*α-carboxyéthyl-β-méthylnonoate basique de Bi* (Bivatol)] *exerce une action curative profonde et durable dans la syphilis latente de la souris* (*infection inapparente*). *Ses propriétés virulicides se manifestent quelles que soient les phases* (*spirochétienne ou infravisible*) *du cycle évolutif du virus syphilitique, au moment où l'on administre le médicament.*

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Inoculation à l'homme de souches bactériennes, isolées de trachomateux tunisiens.* Note de M. **Ugo Lumbroso**, présentée par M. Mesnil.

J'ai rapporté ([1]) les résultats d'inoculation pratiquées sur des singes inférieurs avec de nouvelles souches bactériennes, isolées de trachomateux tunisiens. Les résultats, pour intéressants qu'ils m'ont paru, n'étaient pas, à mon avis, décisifs. Je n'ai obtenu en effet, chez aucun singe, la formation de granulations au siège électif du trachome humain, la région tarsienne. En outre, les conjonctivites granuleuses naturelles sont fréquentes chez les petits singes et l'examen le plus minutieux peut laisser échapper des lésions minines à l'observateur.

Il importait donc de reprendre ces expériences sur la seule espèce vraiment sensible. J'ai fait choix d'aveugles à conjonctives reconnues saines.

Une *première série* de quatre expériences fut instituée pour contrôler des souches qui n'avaient montré aucune activité sur le singe; ces souches furent également inactives pour l'homme.

Dans une *seconde série*, j'éprouvai la virulence, pour notre espèce, de souches qui s'étaient montrées actives pour des singes. Les sujets ont été inoculés par scarifications et par injection sous-conjonctivale (paupière inférieure droite) de deux dixièmes de centimètre cube d'une suspension bactérienne à un milliard de microbes.

Premier sujet. — Inoculé avec la souche 12-85 (type A). Au 5e jour, réaction inflammatoire modérée. Le 20e jour, la réaction est plus marquée : présence de deux grosses granulations au voisinage du bord libre du tarse inférieur; les conjonctives, légèrement œdémateuses, semblent contenir, dans leur épaisseur et sur toute leur surface, des follicules hypertrophiés. Le 62e jour, disparition de la réaction folliculaire, persistance d'un léger œdème au point où l'on avait observé les deux granulations du début. La conjonctive de la paupière supérieure, non inoculée, n'a pas présenté de lésions.

Deuxième sujet. — Inoculé avec la souche 26-3 (type B). Au 7e jour, petit abcès au point d'inoculation, aspect rugueux des conjonctives tarsiennes des deux yeux. Le 21e jour, rugosité plus marquée, surtout le long du bord libre du tarse. Le 60e jour, aspect velouté du tarse.

Troisième sujet. — Inoculé avec la souche 17 (type B). Au 7e jour, présence de très nombreuses granulations tomenteuses et succulentes de la conjonctive palpébrale

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 193, 1931, p. 964.

inférieure, sur un tissu hyperémié et œdémateux ; sécrétion nulle. Le 21e jour, inflammation moins violente ; persistance des granulations ; bord libre du tarse rugueux. Le 60e jour, aspect velouté et rugueux du tarse, disparition des granulations, persistance d'une forte hyperémie de la conjonctive.

Les lésions, observées sur l'homme, n'ont pas été graves ; on ne peut cependant les mettre en doute. Elles ont consisté dans l'apparition rapide de granulations sur la conjonctive de la paupière inoculée et dans la production définitive d'un aspect velouté et rugueux du tarse qui nous paraît caractéristique. Les lésions humaines ont été moins marquées que celles qu'ont présenté les singes, inoculés avec les mêmes souches. Nous nous expliquons cette différence par la disproportion entre les quantités de microbes inoculés sous la conjonctive.

En résumé, dans l'état actuel de mes expériences et dans l'attente des résultats de nouveaux essais, je crois pouvoir conclure que :

1° Les souches du *type C* ne sont jamais virulentes pour les conjonctives de l'homme et des singes ;

2° Celles du *type A* ne présentent qu'une virulence très inconstante et sans caractères ;

3° Celles du *type B* sont douées, en général, d'un pouvoir pathogène spécial vis-à-vis de la conjonctive de l'homme et de celle des singes. La réaction qu'elles provoquent, bien qu'atténuée, me paraît en rapport avec les lésions du trachome naturel.

La séance est levée à 15^{h}50^{m}.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 16 novembre 1931.)

Note de MM. *L. Palfray*, *S. Sabetay* et M[lle] *Denise Sontag*, Sur la déshydratation potassique du phényléthanediol (phénylglycol) :

Page 942, ligne 11, *au lieu de* 752^g, *lire* 576^g.

(Séance du 23 novembre 1931.)

Note de M. *Maurice Piettre*, A propos de l'état physique des phosphates calciques dans le lait :

Page 1044, ligne 4, *au lieu de* ($7^g,5$ pour 100), *lire* ($1^g,5$ pour 100).